Elettronica e telecomunicazioni

ANNO LII
NUMERO 2
AGOSTO 2003

Editoriale

Sistemi di comunicazione convergenti: DVB-T e reti cellulari di terza generazione

Sistemi "store and forward" per reportage giornalistici

Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica all'IBC 2003

Melevisione a Experimenta 2003

Metadati e Modellazione:

Lo standard P/META

Che cosa è, come funziona:

Uno standard pervasivo (MPEG-2 video) - Parte II

Advanced Video Coding: il prossimo futuro - Parte II

Il chroma-key

Elettronica e telecomunicazioni

Edizione ottimizzata per la stampa.
La rivista è disponibile su web
alla URL www.crit.rai.it/eletel.htm

Anno LII
N° 2
Agosto 2003

Rivista quadrimestrale a cura della Rai

Indice

Editoriale

ing. Gianfranco **Barbieri**
Direttore di
"Elettronica e
Telecomunicazioni"

L'erogazione dei servizi radiotelevisivi si è sviluppata per molti anni secondo un modello convenzionale, che, sia per la trasmissione che per la ricezione, era basato sull'impiego di tecnologie, sistemi ed apparati dedicati.

Oggi, la rivoluzione introdotta da Internet ha esteso le funzionalità della radiodiffusione includendo il "*webcasting*" e la diffusione in rete dei servizi multimediali; più in generale, sul fronte dei mezzi di comunicazione la globalizzazione delle tecnologie sta portando la società dell'informazione verso un modello integrato di fruizione dei servizi. La convergenza tra televisione, informatica e reti di telecomunicazione è ormai un dato acquisito ed i *broadcaster* si stanno rapidamente adeguando al nuovo scenario per coglierne le opportunità e sfruttare in misura ottimale le potenzialità che le nuove tecnologie offrono al loro comparto industriale.

Lo standard di trasmissione digitale mette a disposizione numerosi meccanismi per favorire l'avvio di una radicale innovazione nella qualità e tipologia dei servizi; uno dei punti di eccellenza dello standard è costituito dalla possibilità di operare in condizioni di mobilità. Gli utenti "in movimento" sentono sempre maggiormente l'esigenza di essere raggiungibili dovunque e di poter accedere in qualsiasi momento ad una molteplicità di informazioni; gli sviluppi in atto nella ideazione dei nuovi sistemi radiomobili e le più evolute funzionalità delle reti di telecomunicazioni sono suscettibili di creare ulteriori aspettative in relazione all'erogazione di servizi più personalizzati ed interattivi. Da tempo gli analisti di mercato, sia nell'ambiente dei *broadcaster* che in quello degli operatori di telecomunicazioni, hanno individuato la convenienza di attuare delle sinergie tra reti di radiodiffusione digitale e reti radiomobili (con particolare riferimento a quelle dell'ultima generazione). A prima vista, TV digitale e UMTS, essendo in grado di fornire (seppur con modalità diverse) servizi di tipologie similari, sembrerebbero operare in fasce di mercato tra loro competitive. In realtà, parametri quali la maggior capacità trasmissiva della TV digitale e la struttura capillare con canale di ritorno dell'UMTS rendono le due tecnologie complementari. L'UMTS Forum si è espresso in termini positivi sull'importanza di interconnettere reti televisive e reti di telecomunicazioni ed importanti consorzi internazionali si sono attivati già da qualche anno nella elaborazione degli Standard per l'attuazione delle suddette convergenze. Nel primo articolo del presente numero sono esaurientemente discusse le condizioni al contorno che hanno portato alla maturazione del sopracitato scenario con particolare riferimento allo stato di avanzamento dei lavori svolti nell'ambito di alcuni progetti internazionali.

Il secondo articolo riferisce lo stato dell'arte nel campo dei sistemi "store and forward" per i servizi giornalistici svolti in "esterna" ed, in particolare, in località lontane dalla normale infrastruttura produttiva. Le nuove tecnologie informatiche e la disponibilità di servizi on-line Internet ed Intranet tramite collegamenti satellitari consentono la realizzazione di servizi giornalistici completi (acquisizione, editing e trasmissione) utilizzando apparati di normale reperimento sul mercato e ricorrendo a sistemi di collegamento di costi contenuti.

Nell'articolo, oltre ad essere effettuata una interessante retrospettiva sulle varie fasi che hanno segnato l'evoluzione dei sistemi televisivi per reportage giornalistici, viene svolta una approfondita disamina dei sistemi piùavanzati attualmente in uso e viene messo in evidenza come i suddetti sistemi modificano significativamente il processo produttivo.

Come annunciato nel precedente numero, continua la serie di articoli sulle problematiche relative all'utilizzo dei Metadati nella generazione e distribuzione dei programmi.

I Metadati sono destinati a giocare un ruolo sempre più importante nell'industria dei contenuti audiovisivi, nella misura in cui i processi produttivi si avvalgono in misura sempre più estensiva delle tecnologie informatiche; a riprova di quanto sopra, le organizzazioni dei radiodiffusori sono impegnate in un grande sforzo nella ricerca di soluzioni che favoriscano l'integrazione degli attuali sistemi dedicati in un unico grande sistema "*end-to-end*".

La presenza del Centro Ricerche della RAI alla IBC 2003 che si terrà ad Amsterdam nel prossimo mese di Settembre è evidenziata nell'articolo che descrive i contenuti della sua partecipazione. Sulla IBC (*International Broadcasting Convention*), che rappresente l'appuntamento europeo più importante dell'anno in materia di radiodiffusione, e sulle novità che emergeranno nella Conferenza e nell'Esposizione verrà svolta una dettagliata relazione nel prossimo numero della rivista.

Sistemi di comunicazione convergenti: DVB-T e reti cellulari di terza generazione

ing. Paolo **Casagranda,**
ing. Vittoria **Mignone,**
ing. Davide **Milanesio,**
ing. Paola **Sunna** e
dr. Luca **Vignaroli**
Rai
Centro Ricerche e
Innovazione Tecnologica
Torino

Sommario
La rete diffusiva digitale DVB-T e la rete cellulare di terza generazione UMTS rappresentano, ciascuna nel proprio ambito, le tecnologie di comunicazione terrestre più evolute operanti attualmente. La possibilità di cooperazione di questi due standard, al fine di migliorare il servizio e diminuire i costi, è stata oggetto di studio negli ultimi anni da parte di progetti europei e gruppi di standardizzazione internazionali. L'articolo descrive il lavoro svolto e le conclusioni raggiunte nei progetti di ricerca OverDRiVE e CISMUNDUS e nei gruppi di standardizzazione DVB-UMTS e DVB-X.

1. Introduzione

Prima dell'avvento delle tecnologie digitali, televisione e telefonia erano considerati mondi distinti: l'uno caratterizzato dalla diffusione di segnali audio/video/dati comuni a tutti gli utenti, l'altro da collegamenti audio e dati bi-direzionali personalizzati per il singolo utente.

Nei sistemi radio, quali la diffusione televisiva via satellite e terrestre e la telefonia mobile, queste differenze hanno portato alla realizzazione di strutture di rete molto differenti, per rispettare criteri di ottimizzazione delle risorse di potenza e di occupazione di banda con obiettivi diversi. Attualmente le reti di diffusione terrestri radiofoniche e televisive usano trasmettitori di potenza elevata che coprono aree di servizio molto vaste (ad esempio regioni o nazioni). Il costo di rete suddiviso per utente risulta essere generalmente basso (dell'ordine di poche decine di Euro per famiglia all'anno nell'ipotesi di servire decine di milioni di terminali d'utente), ed un aumento del numero di utenti e ricevitori all'interno della zona di copertura non implica un aumento del costo di rete. Al contrario le reti di telecomunicazioni mobili, per migliorare l'utilizzo della banda disponibile, impiegano trasmettitori a bassa potenza con copertura su celle molto piccole: infatti, più alto è il traffico interattivo che la rete deve gestire, più piccola risulta la dimensione che le celle devono avere. Il costo di una rete di telecomunicazioni cellulare è generalmente alto e un aumento di traffico implica costi supplementari per la rete. Le differenze, quindi, sono notevoli sia in ambito normativo sia nella concessione delle licenze.

La convergenza è iniziata con l'introduzione dei sistemi digitali, la cui maggiore flessibilità ha permesso di offrire agli utenti nuovi servizi basati sulla cooperazione tra il mondo telecom e broadcast. Ad esempio, tramite i sistemi di diffusione televisiva digitale via satellite (DVB-S), terrestre (DVB-T) e via cavo (DVB-C) sviluppati dal progetto DVB (Digital Video Broadcasting) è possibile fruire di servizi di web-casting, super-teletext, TV interattiva (tele-voto, pubblicità interattiva) e persino accesso ad Internet e commercio elettronico sul televisore collegato alle reti telecom per il canale di ritorno. In quest'ottica il DVB ha sviluppato negli anni passati normative per l'integrazione tra i sistemi di diffusione digitale ed i sistemi telecom per collegamenti interattivi (via PSTN, GSM, UMTS, ecc.), favorendo l'evoluzione del concetto di diffusione televisiva verso l'inclusione dell'interattività.

Analogamente il passaggio al digitale nei sistemi di telefonia cellulare di seconda generazione (GSM, GPRS) ha permesso di sviluppare protocolli adatti alla trasmissione e ricezione di immagini e brevi filmati sul telefonino. Il sistema di terza generazione UMTS poi è stato progettato per offrire all'utente mobile la possibilità di utilizzare il telefonino UMTS oltre che per i servizi vocali convenzionali anche

per accedere a servizi audio/video a richiesta e ad Internet, grazie alla maggiore capacità trasmissiva rispetto ai sistemi di seconda generazione.

Per poter sfruttare appieno le potenzialità dei nuovi sistemi digitali offrendo sempre nuovi servizi agli utenti e nuove opportunità di business agli operatori broadcast e telecom, negli ultimi anni sono nati molti progetti di studio per realizzare la convergenza tra i servizi diffusivi televisivi e la telefonia mobile di seconda e terza generazione, con l'obiettivo di permettere un'integrazione ottimale delle risorse di rete. In particolare si sta dedicando grande attenzione ai nuovi sistemi terrestri wireless: il sistema di diffusione televisiva DVB-T ed il sistema cellulare di terza generazione UMTS.

Che vantaggi possono essere ravvisati dalla cooperazione di una tecnologia diffusiva e di una cellulare? Innanzitutto i vantaggi per gli utenti. Gli utenti sono interessati ai servizi offerti piuttosto che alla tecnologia che li abilita, e una maggiore integrazione tra DVB-T e UMTS permetterebbe di fornire ad essi i servizi richiesti in modo più semplice. Anche la qualità di alcuni servizi esistenti potrebbe trarne beneficio, ad esempio per la disponibilità del servizio quando le reti siano utilizzate in modo complementare (in caso di mancanza di copertura DVB-T, UMTS fornisce parte dei servizi; e viceversa). In secondo luogo, i servizi attualmente disponibili potrebbero essere migliorati: ad esempio, un servizio diffusivo presenta tipicamente contenuti adatti ad un ampio target di utenti; la rete cellulare aprirebbe la strada a contenuti specifici. La cooperazione darebbe luogo a servizi multimediali innovativi, come stanno ora dimostrando, ad esempio, i progetti europei OverDRiVE e CISMUNDUS. Infine, l'efficienza d'utilizzo delle risorse di banda potrebbe migliorare, riducendo così i costi di distribuzione dei servizi.

La strada della cooperazione però non è affatto scontata. Le frequenze allocate per la televisione digitale sono una risorsa che difficilmente sarà condivisa con i gestori di telecomunicazioni; d'altra parte l'UMTS sembra legato a specifiche che non prendono in considerazione un'integrazione con la rete diffusiva per la creazione dei servizi. Ecco quindi lo sforzo di ricerca che è stato intrapreso da parte di gruppi di standardizzazione (DVB-UMTS, DVB-X) e di progetti di ricerca europei (fra cui CISMUNDUS e OverDRiVE).

2. Sistemi di comunicazione cellulare di terza generazione: DVB-UMTS

Il progetto DVB, nato con lo scopo di guidare l'introduzione delle tecnologie digitali nella diffusione televisiva, ha sempre basato le proprie scelte sull'evoluzione del mercato. Per partecipare attivamente al processo di convergenza attualmente in atto tra il broadcasting digitale e le telecomunicazioni mobili, nel Novembre 2000 ha creato il gruppo di lavoro *ad hoc* DVB-UMTS con il compito di delineare possibili scenari di collaborazione nel mondo wireless fra le tecnologie broadcast e telecom, evidenziando esigenze degli utenti e opportunità di business per l'industria e gli operatori e promuovendo la definizione di normative in grado di regolamentare la convergenza.

Il gruppo si è concentrato principalmente sullo studio dei sistemi terrestri, il sistema di diffusione televisiva digitale DVB-T [1] ed i sistemi di telefonia cellulare GPRS e UMTS. Sono state evidenziate peculiarità e limiti dei due sistemi, il primo in grado di trasportare alta capacità di traffico (fino a 10-15 Mbit/s per cella ad utenti mobili) unidirezionale in modalità broadcast, ma non adatto a trasmissioni unicast per la tipica struttura di rete costituita da celle molto grandi (macrocelle con raggio 50-100 km), il secondo progettato per gestire un traffico bidirezionale interattivo a capacità ridotta (al massimo 2 Mbit/s per cella) con struttura di rete a celle di piccole dimensioni (da qualche chilometro a poche centinaia di metri). I sistemi satellitari sono stati considerati a margine, come complemento ai sistemi terrestri per aumentare la copertura dei servizi, specialmente nelle zone a bassa densità di traffico.

Le possibili applicazioni e nuovi servizi derivanti dalla cooperazione tra reti telecom e

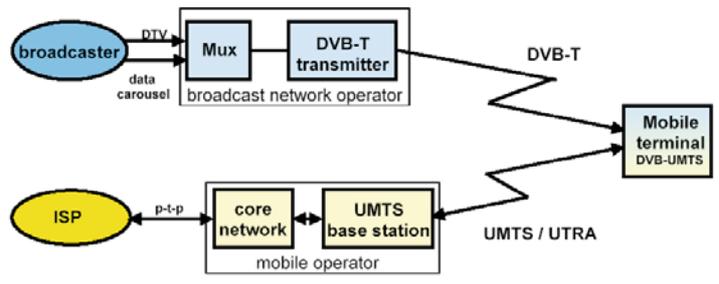
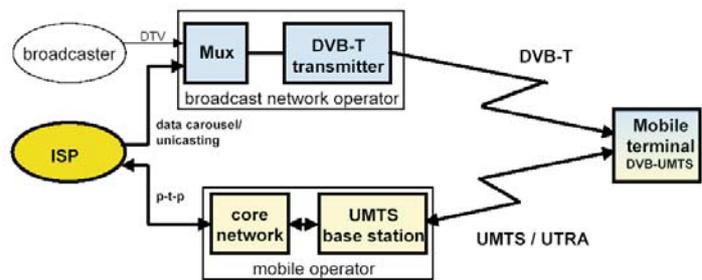
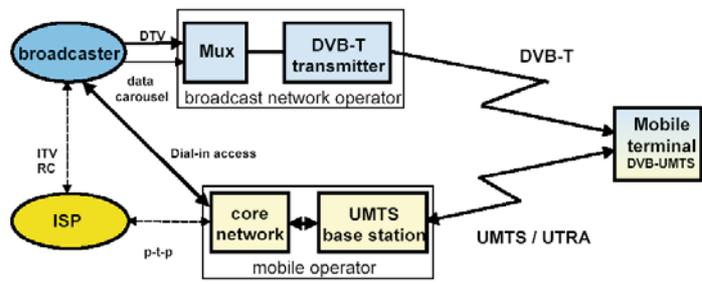
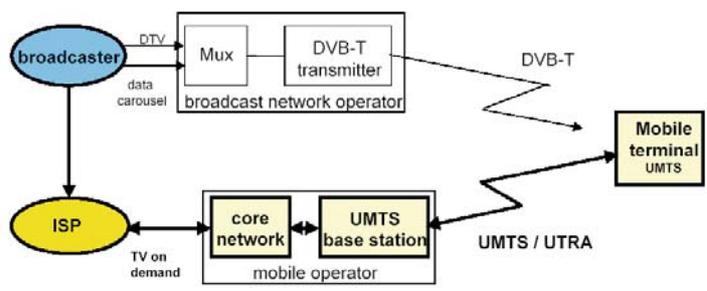
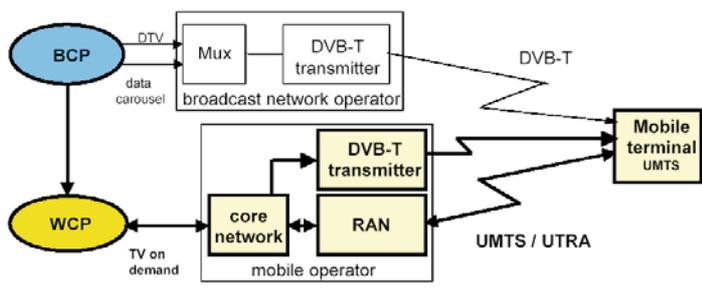
broadcast sono stati raggruppati in sette aree: informazione (per esempio navigazione in Internet, commercio interattivo, download di giornali e libri, informazioni turistiche), educazione (lezioni e corsi, consultazione di biblioteche, laboratori linguistici e scientifici), intrattenimento (TV, radio, giochi, musica o filmati a richiesta, scommesse), servizi telematici di navigazione stradale (informazioni di viaggio e sul traffico, diagnostica automobilistica a distanza, servizi per i mezzi pubblici come intrattenimento dei passeggeri, gestione di mezzi, guasti, emergenze), servizi di comunicazione (telefonia e videotelefonia, videoconferenza, messaggistica multimediale), affari (ufficio mobile, lavoro di gruppo virtuale, video-conferenza e download di file) e servizi speciali (tele-medicina, emergenze, monitoraggio).

Sulla base dei possibili nuovi servizi sono stati identificati cinque scenari, le cui architetture di rete sono rappresentate nelle figure seguenti.

Il primo scenario prevede l'integrazione solo a livello del terminale d'utente, equipaggiato di ricevitore DVB-T e ricetrasmettitore UMTS. Non si prevede alcun coordinamento a livello di rete ed è pertanto l'utente a dover scegliere a quale fornitore, broadcaster o gestore dei servizi interattivi, collegarsi per ottenere le informazioni richieste.

Nel secondo scenario si considera il caso in cui esista un fornitore di servizi interattivi che gestisce le reti DVB-T e UMTS/GPRS in modo coordinato.

Nel terzo scenario le reti UMTS/GPRS sono utilizzate come canale di ritorno per servizi di diffusione interattivi, e per l'invio di informazioni personalizzate ai singoli utenti.

Il quarto scenario ipotizza la possibilità di inviare contenuti DVB su reti UMTS/GPRS. Nonostante la capacità delle reti cellulari sia molto minore di quelle DVB, è possibile pensare ad una conversione dei contenuti per adattarli alle caratteristiche del canale ed alla modalità di fruizione del servizio (qualità, velocità di trasmissione, formato di codifica, etc.).

Scenario 1 - Integrazione a livello di terminale d'utente.

Scenario 2 - Servizi IP coordinati su reti UMTS e DVB.

Scenario 3 - UMTS come canale di ritorno per il sistema DVB.

Scenario 4 - Trasmissione di contenuti DVB attraverso l'UMTS.

Scenario 5 - DVB-T integrato nella rete dell'operatore mobile.

L'ultimo scenario rappresenta il caso in cui la tecnologia DVB-T viene utilizzata sulle reti UMTS/GPRS, per estendere la capacità del collegamento dal fornitore di servizi all'utente.

E' ora compito del gruppo valutare l'eventuale presenza di criticità, sia in termini di regolamentazione (la convergenza porta alla sovrapposizione tra i concetti di diffusione e comunicazione, che deve essere gestita), che in termini tecnici (caratteristiche dei terminali d'utente, limiti di batterie, schermi, interferenze in presenza di ricetrasmissione contemporanea DVB-T e GPRS/UMTS). Inoltre, il gruppo dovrà verificare l'adeguatezza delle normative esistenti e l'eventuale necessità di definire nuovi standard. Il risultato di questi studi sarà raccolto nel rapporto "The DVB Handbook on Digital Broadcast and Mobile Telcomms Co-operation".

3. OverDRiVE

Il Progetto Europeo OverDRiVE (Spectrum Efficient Uni- and Multicast Over Dynamic Radio Networks in Vehicular Environments) è nato da un consorzio di aziende[Nota 1] del settore della diffusione radiotelevisiva, delle telecomunicazioni e dell'industria automobilistica, nonché di centri di ricerca e Università Europee, con lo scopo di studiare e dimostrare l'utilizzo cooperativo di reti diffusive e cellulari (DVB-T, UMTS e WLAN) per la fornitura di servizi multimediali orientati all'utenza mobile, e si differenzia da altri progetti (tra cui CISMUNDUS, descritto in seguito) sotto vari aspetti prettamente tecnologici (tra cui Protocollo IP versione 6, multicast gerarchico, Dynamic Spectrum Allocation). L'utente potrà fruire, ad esempio, delle ultime notizie del TG oppure delle previsioni meteorologiche in qualsiasi momento, da casa o dalla propria automobile, avendo la possibilità di accedere ad un servizio a valore aggiunto e *cost-effective*, poiché le reti migliori vengono di volta in volta utilizzate. Se l'informazione è già disponibile sulla rete DVB-T non verrà richiesta alla rete UMTS; d'altra parte se l'utente è interessato ad un approfondimento della notizia appena ascoltata, la rete interattiva UMTS glielo renderà possibile. La natura punto-multipunto della rete DVB-T consente un aggiornamento in tempo reale di tutti gli utenti interessati; la natura cellulare della rete UMTS consente un'alta interattività e specificità delle informazioni richieste. In alcuni luoghi, ad esempio negli aeroporti o nelle stazioni ferroviarie, la presenza contemporanea di molti utenti che richiedono la stessa informazione (orari dei voli o indirizzi di alberghi e ristoranti) può rendere molto conveniente l'utilizzo di Wireless LAN.

Gli utenti potranno fruire degli stessi servizi anche durante un viaggio in auto o in treno, grazie all'utilizzo di reti che supportano il movimento, insieme all'innovativa tecnologia IPv6, in grado di gestire gli spostamenti nei terminali riceventi.

Un dimostratore completo dei concetti esposti verrà presentato ufficialmente presso Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica di Torino a Dicembre 2003.

Nota 1 - Fanno parte del Progetto OverDRiVE Rai Crit, Ericsson, DaimlerChrysler, France Télecom, Motorola, RWTH Aachen, l'Università di Bonn e l'Università del Surrey. Il progetto è iniziato nell'Aprile 2002 ed è finanziato dalla Information Society Technologies (IST, www.cordis.lu/ist).

Fig. 1 - Il logo del Progetto OverDRiVE.

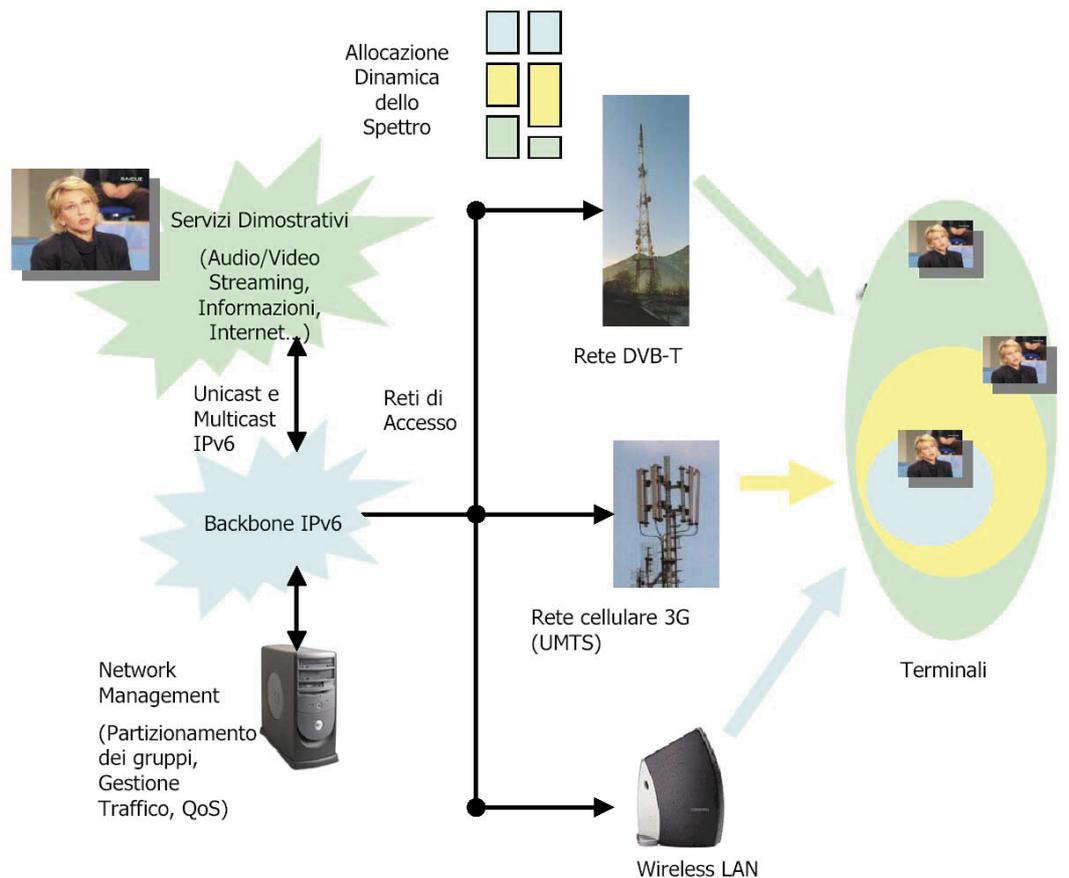



Fig. 2 - Schema essenziale dell'architettura del sistema definito da OverDRiVE.

3.1 Reti ibride ad elevata efficienza spettrale in OverDRiVE

OverDRiVE aspira a dimostrare servizi unicast e multicast[Nota 2] realizzati migliorando l'efficienza spettrale rispetto ai servizi tradizionali. Ciò viene realizzato utilizzando una rete ibrida, cioè che implichi l'utilizzo di reti diverse (diffusive e cellulari), per la fornitura del servizio e l'allocazione dinamica della banda in relazione al numero di interessati al servizio. Nel contesto del Progetto OverDRiVE [2] la rete ibrida è costituita dalle reti DVB-T, UMTS e WLAN. La rete DVB-T fornisce un'ampia copertura geografica, con celle di diversi km di diametro, e una banda relativamente larga (da 6 a 24Mbps tipicamente). La natura unidirezionale del DVB-T lo rende ideale a distribuire contenuti di interesse generale, indirizzati ad un target di utenti esteso. La rete UMTS, d'altro canto, rende possibile una comunicazione su celle con copertura geografica minore ma di natura bidirezionale, come anche la rete Wireless LAN, principalmente rivolta al traffico in zone relativamente affollate. E' la compresenza di tutte queste reti: diffusiva digitale, cellulare di terza generazione e WLAN, che permette di migliorare i servizi offerti all'utente.

L'infrastruttura di comunicazione che permette il funzionamento della rete ibrida è costituita dal protocollo IPv6 [3]. I contenuti dei servizi dimostrati da OverDRiVE sono trasportati utilizzando IPv6 in modalità unicast e multicast. IPv6 da questo punto di vista, oltre a fornire un banco di prova per questo protocollo in fase di sperimentazione avanzata[Nota 3], rende possibile unificare le parti di servizio trasmesse sulle diverse reti; idealmente per l'utente il tipo di rete utilizzata dovrebbe essere trasparente. In questa prospettiva risulta chiaro come la rete necessiti di una elevata "intelligenza": la

Nota 2 - Servizi che vengano forniti con indirizzamento di tipo punto-punto sono considerati unicast; servizi forniti su base punto-multipunto sono considerati multicast.

Nota 3 - Al momento della stesura dell'articolo, le estensioni per la gestione dei gruppi e il routing multicasting IPv6 sono ancora in fase di standardizzazione.

rete IPv6 deve creare in modo ottimale gruppi di utenti che richiedono gli stessi contenuti, e la rete di accesso radio deve gestire la banda disponibile in modo ottimale.

OverDRiVE ottimizza l'utilizzo delle risorse di banda indirizzando un altro problema: la riallocazione della banda disponibile. Ipotizzando di poter ridefinire l'utilizzo delle bande assegnate a DVB-T e UMTS, è possibile pensare di migliorare l'efficienza spettrale togliendo banda alla rete meno utile e fornendola alla rete più utile in un certo istante. Così, all'aumentare delle richieste di contenuti streaming audio/video in tempo reale, ad esempio, verrà sottratta una percentuale della banda utilizzata per i collegamenti UMTS punto-punto, banda assegnata alla rete diffusiva.

Nota 4 - Fanno parte del Progetto CISMUNDUS, coordinato dall'Università di Brunel (Uxbridge, Gran Bretagna): Rai Crit, IRT, Motorola, FTR&D, Philips Research Laboratories, TDF, TV Cultura (Brasile). Il progetto è finanziato dalla Information Society Technologies (IST, www.cordis.lu/ist).

L'architettura definita da OverDRiVE, schematicamente riportata in figura 2, si articola in alcuni componenti principali, che riassumono anche i principali punti di impatto nella ricerca svolta da questo Progetto:

- protocolli di multicast mobile: IPv6 fornisce un supporto alla mobilità, consentendo ad un utente di spostarsi da una rete IP, conservando la connessione stabilita in origine
- management dei gruppi: la presenza di una rete ibrida e di gruppi di utenti con le stesse richieste rende importante organizzare gerarchicamente la distribuzione dei contenuti multicast
- supporto del multicast a livello di interfaccia radio: alcune interfacce radio supportano naturalmente il traffico punto-multipunto (es. DVB-T); altre, come UMTS, devono ancora essere migliorate
- mobilità della rete di comunicazioni intraveicolare: nel caso di un veicolo in movimento (auto, treno…) deve essere gestito lo spostamento di tutta la rete intra-veicolare; ad esempio, un passeggero connesso alla rete veicolare deve ricevere costantemente news dell'ultimo TG mentre l'automobile, nello spostarsi, cambia rete (IP o fisica, nel caso delle celle DVB-T) di riferimento
- allocazione dinamica dello spettro: la possibilità di spostare dinamicamente la banda dalla rete cellulare alla rete diffusiva può aumentare l'efficienza della rete ibrida.

4. Il Progetto CISMUNDUS

Il Progetto Europeo IST CISMUNDUS[Nota 4] (Convergence of IP-based Services for Mobile Users and Networks in DVB-T and UMTS Systems) si pone lo scopo di permettere la distribuzione di nuovi servizi a larga banda ad utenti in movimento, utilizzando le esistenti tecnologie per il broadcasting e la telefonia mobile in formato digitale.

Il Progetto CISMUNDUS, a differenza di OverDRiVE, focalizza il lavoro di ricerca sui servizi; servizi audio, video e dati offerti agli utenti mediante una combinazione delle reti DVB-T e GPRS/UMTS, entrambe in grado di garantire buona qualità in ricezione mobile, ottimizzandone l'utilizzo in funzione delle caratteristiche del servizio e della distribuzione della popolazione di utenti che lo hanno richiesto.

Rispetto al Progetto ACTS MEMO (Multimedia Environment for MObiles), che prevedeva già l'utilizzo di una rete ibrida (DAB e GSM) per l'accesso a contenuti multimediali e interattivi, ma utilizzando la rete telecom soltanto come canale di ritorno [4], nel caso del Progetto CISMUNDUS la cooperazione tra i due mezzi trasmissivi è gestita da un'intelligenza di rete.

In particolare, servizi multimediali a carattere generale, quali informazione o intrattenimento, possono essere distribuiti utilizzando il canale diffusivo digitale (DVB-T), mentre le reti di telefonia mobile permettono transazioni personali oppure l'accesso ad informazioni

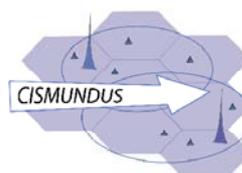



Fig. 3 - Il logo del progetto CISMUNDUS.

più specifiche, per le quali la distribuzione a tutta la popolazione non è necessaria, e anzi comporterebbe un cattivo utilizzo della banda disponibile. Qualora però un contenuto, originariamente offerto via GPRS/UMTS, diventasse popolare, ovvero un elevato numero di utenti ne richiedesse la fruizione, la rete CISMUNDUS sarebbe in grado di renderlo disponibile a tutti, inserendolo all'interno del multiplex DVB-T. Naturalmente, data la diversa capacità trasmissiva dei mezzi utilizzati, la rete deve operare anche un'opportuna scelta del formato del servizio distribuito (ad esempio, scalando il bit-rate di un flusso video MPEG-4).

Un possibile esempio in cui l'adozione di una rete basata sul sistema CISMUNDUS potrebbe offrire nuovi servizi interessanti per gli utenti è rappresentato dallo scenario di una partita di calcio. Gli spettatori presenti allo stadio con un terminale CISMUNDUS possono seguire le immagini della partita, oltre che dal vivo, anche attraverso la telecronaca trasmessa sul canale DVB-T, con la possibilità di replay, informazioni in sovrimpressione e commenti audio. Inoltre, hanno la possibilità di sottoscrivere un certo numero di servizi disponibili, legati al programma su cui sono sintonizzati, quali dati statistici sulla partita e sui calciatori, riprese da diverse prospettive, avvisi in tempo reale sui risultati delle altre partite del campionato, servizi di scommesse on-line, ecc. Gli stessi servizi sono disponibili anche in movimento, durante il tragitto degli spettatori verso lo stadio. Presumibilmente, alcuni di questi servizi addizionali utilizzano il canale diffusivo, poiché di interesse comune (ad esempio le statistiche sulla partita o le riprese di alcune telecamere); altri soltanto il canale telecom, poiché di interesse per un ristretto numero di spettatori oppure poiché si tratta di informazioni personali con requisiti di riservatezza (ad esempio le scommesse). Talvolta, però, un contenuto che originariamente era destinato al canale telecom può diventare così popolare da giustificare la sua trasmissione in broadcast: ad esempio, nel caso di un calcio di rigore contestato, moltissimi spettatori, in un breve intervallo di tempo, potrebbero richiedere il filmato con il replay di quell'azione. In questo caso, dal punto di vista delle risorse di rete, è senz'altro conveniente che questo filmato venga trasmesso sul canale diffusivo piuttosto che ripetuto molte volte sulla rete di telefonia mobile, poiché ciò potrebbe comportare la saturazione delle risorse della cella, con la conseguente impossibilità di soddisfare a tutte le richieste. Gli utenti potrebbero beneficiare inoltre di un bit-rate video maggiore, e quindi di una qualità dell'immagine migliore.

L'accesso all'uno o all'altro mezzo trasmissivo risulta trasparente per l'utente, e viene gestito in modo automatico dal terminale CISMUNDUS, sulla base delle informazioni di servizio ricevute insieme ai dati.

Il sistema CISMUNDUS permette quindi di ottimizzare lo sfruttamento dei mezzi trasmissivi, con conseguenti riduzioni di costo a livello di rete, senza porre limitazioni alle possibilità degli utenti né in termini di mobilità né di scelta dei servizi disponibili, ma fornendo loro anzi nuovi servizi attrattivi. La disponibilità di un'ampia scelta di servizi gratuiti o a basso costo, alcuni dei quali potrebbero fare da portale per servizi personalizzati e a pagamento, potrà fornire un incentivo affinché gli utenti siano invogliati ad adottare questa tecnologia.

4.1 Architettura di Rete in CISMUNDUS

Il sistema CISMUNDUS è costituito da una serie di sottosistemi, come descritto nella figura 4 [5].

Il Service Provisioning Sub-system (SPS) è responsabile della generazione e organizzazione dei servizi forniti, e può comprendere telecamere e relativi encoder MPEG-2 o MPEG-4, video server, server MHP, Web Server, Server BTFTP (Broadcast Trivial File Transfer Protocol, si veda nel seguito). Contiene anche le informazioni costantemente aggiornate dei servizi, in formato MPEG-7, e fornisce, tra le altre cose, le informazioni relative alla Qualità del Servizio, necessarie per l'ottimizzazione della banda disponibile.

Sullo strato di trasporto, il terminale d'utente è interfacciato sia con il Cellular Delivery

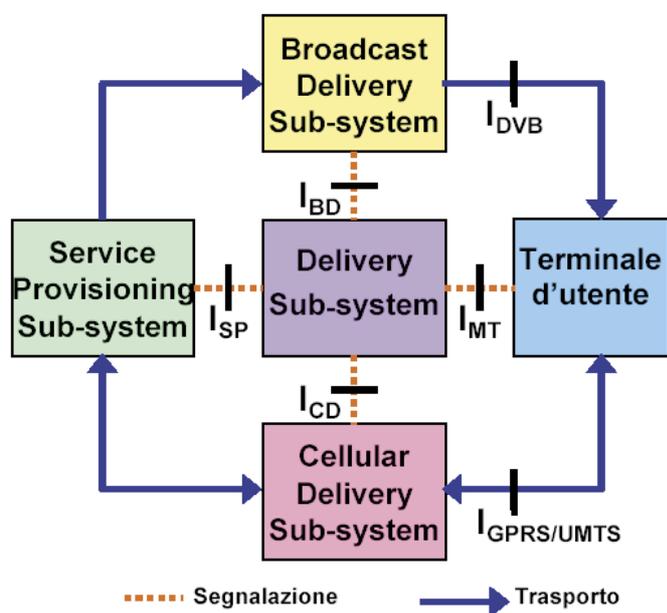



Fig. 4 - Architettura del sistema CISMUNDUS.

Sub-system (CDS), relativo alla rete di telefonia mobile, sia con il Broadcast Delivery Sub-system (BDS), relativo alla rete DVB-T. Come detto, l'accesso ai servizi mediante l'uno o l'altro mezzo trasmissivo viene gestito dal terminale sulla base delle informazioni di servizio ricevute insieme ai dati. Ad esempio, sul canale DVB-T vengono inviati opportuni pacchetti UDP che trasportano Service Announcements e informazioni MPEG-7, o informazioni PSI/SI per la descrizione dei servizi nel multiplex DVB; oppure, sul canale GPRS/UMTS, è utilizzato il protocollo RTSP (Real Time Streaming Protocol) per l'individuazione dell'URL a cui accedere.

Sullo strato di segnalazione, il Delivery Sub-system rappresenta il cuore del sistema, ed ha lo scopo di coordinare la configurazione dei relativi dominii, ottimizzando l'utilizzo delle diverse reti. La selezione della rete utilizzata dipende dalle caratteristiche del servizio (bit-rate, indirizzamento unicast o multicast, requisiti di interattività, ecc.).

La configurazione delle reti (broadcast e telecom) deve assicurare i parametri di Qualità del Servizio richiesti. In particolare, per quanto riguarda l'incapsulamento di flussi IP sul Transport Stream DVB (ad esempio, video streaming MPEG-4), il BDS si occupa della configurazione del gateway DVB-IP, indicando i gruppi multicast IP che devono essere incapsulati (Multi-Protocol Encapsulation). Questa configurazione viene determinata in funzione della condizione di carico istantaneo della rete, dei servizi trasmessi sulle diverse reti e del numero di terminali d'utente connessi al servizio.

La gestione di una rete CISMUNDUS è demandata a cosiddetti "operatori di servizi su rete ibrida", che si occupano della distribuzione dei servizi DVB e/o IP ad utenti mobili, e potrebbero essere radiodiffusori, operatori di telefonia cellulare o terze parti.

5. Trasferimento di file su DVB-T: il BTFTP

In entrambi i progetti europei descritti, la trasmissione di dati su IP attraverso il canale diffusivo digitale avviene attraverso un protocollo creato dal gruppo Multimedialità e Piattaforme Digitali del Crit: il BTFTP. Il protocollo BTFTP (Broadcast Trivial File Transfer Protocol) nasce nel 1999, dall'esigenza di sviluppare servizi di *data-broadcasting* sui canali satellitari DVB e dalla mancanza di protocolli standard che rispondevano a questo requisito. Tali servizi sono caratterizzati principalmente dalla mancanza del canale di ritorno e dall'esistenza di un gran numero di terminali che ricevono contemporaneamente la stessa trasmissione.

Il protocollo BTFTP è stato definito prendendo spunto principalmente dal protocollo TFTP (Trivial File Transfer Prorocol [6]) e permette di trasferire file su canali uni-direzionali supportando sia il protocollo Ipv4 sia il protocollo Ipv6, in modalità unicast e multicast. La specifica comprende inoltre l'utilizzo opzionale del canale di ritorno per rendere attendibile il trasferimento dei contenuti.

Utilizzando il profilo MPE (Multi-Protocol

Encapsulation) del protocollo DVB è stato possibile basare il BTFTP sui protocolli Internet, rendendo il più possibile semplice e flessibile il protocollo: secondo le specifiche del BTFTP i pacchetti sono stati pensati per essere inseriti nel protocollo UDP, caratterizzato dalla mancanza della gestione del flusso (senza connessione, a differenza dei pacchetti TCP) e dalla possibilità di essere trasmessi su indirizzi multicast, questo tipo di pacchetto è quello che meglio si adatta con i canali digitali di tipo diffusivo.

BTFTB
UDP
IP (multicast)
DVB-MPE
MPEG2-TS

Fig. 5 - Livelli protocollari coinvolti da BTFTP per la trasmisisone su DVB.

La specifica del BTFTP definisce un certo numero di tipi di pacchetto che vanno a comporre la trasmissione di un file: BTFTPWriteRequest, BTFTPWriteRequestExtension, BTFTPData e, per il canale di ritorno ozionale, BTFTPNak. Tutti i pacchetti hanno un header comune che specifica: l'identificatore di trasmissione (TID) che identifica la trasmissione di un singolo file e che permette di trasmettere più file nello stesso momento; un codice operativo che specifica il tipo di pacchetto, il numero di pacchetto e il tipo di ridondanza che viene utilizzato (Checksum, CRC32 oppure nessuna ridondanza).

Tipicamente, i servizi di tipo *data-broadcasting* consistono nella distribuzione di file; dove per file si intendono documenti, immagini, applicazioni, contenuti audio-video e in generale qualsiasi informazione presente su di un supporto di memoria; verso terminali in grado solamente di ricevere un flusso di informazioni, questo tipo di trasmissione da un lato permette di raggiungere molti utenti con una singola trasmissione, massimizzando lo sfruttamento dei canali digitali di tipo diffusivo (satellitare, terrestre) dall'altro introduce il problema di non poter avere un riscontro sul buon esito o meno della trasmissione

BTFTP aumenta l'affidabilità delle trasmissioni attraverso due approcci diversi, tutt'ora in corso di sperimentazione. Il primo approccio consiste nella gestione di un canale di ritorno su cui ri-

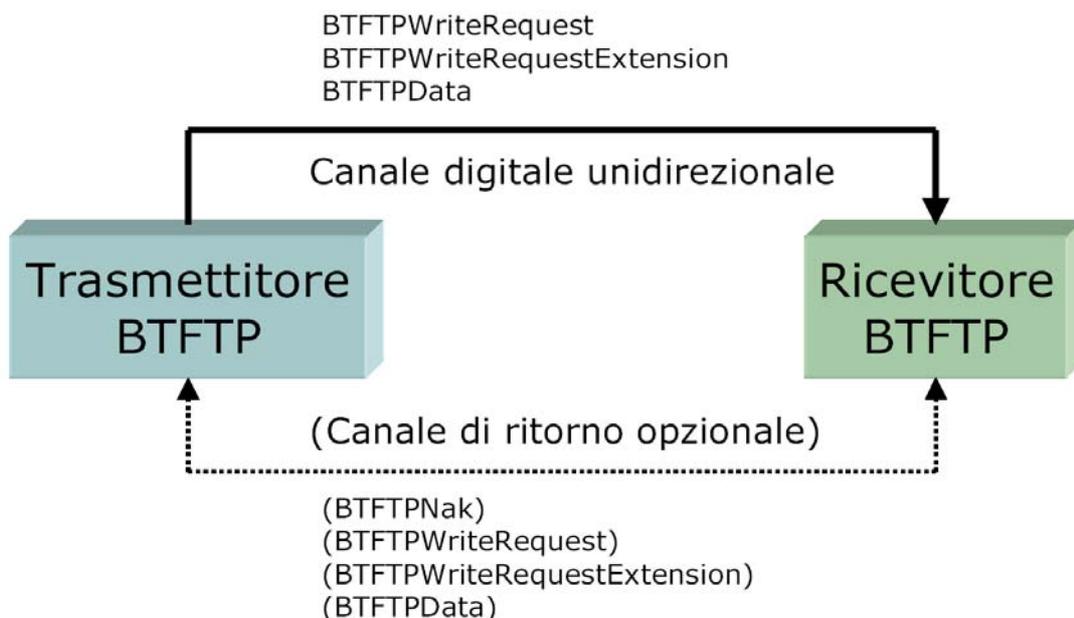



Fig. 6 - Schema di funzionamento generale di BTFTP.

chiedere e ricevere i pacchetti persi; il secondo consiste nell'utilizzo di un FEC (Forward Error Correction) aggiuntivo a livello di codifica del file da spedire. Entrambe le soluzioni rendono possibile l'utilizzo del BTFTP anche su canali pesantemente affetti da disturbi.

6. Il nuovo standard DVB-X e UMTS

Il Consorzio DVB ha recentemente formalizzato l'esistenza di un nuovo gruppo di lavoro, il DVB-X (si confronti [7] e [8]), che studierà un nuovo standard in grado di fornire, tramite una connettività broadcast (uno a molti), contenuti e servizi multimediali ad utenti mobili. Il DVB-X si baserà, almeno inizialmente, sul DVB-T e lo scenario di riferimento sarà quello in cui utenti mobili riceveranno i segnali tramite terminali mobili dotati di batteria, operanti con una singola antenna in network "single-frequency" e riceventi anche a velocità elevate di guida. Questi terminali saranno di piccole dimensioni e integreranno anche le funzionalità di "mobile-phone". Il consumo di potenza considerato sarà inferiore a 100mW per il front-end completo, incluse le parti radio, e la banda in gioco sarà dell'ordine di 15 Mbps.

Il DVB-X consentirà, quindi, ai broadcaster di guadagnare milioni di nuovi utenti tra quelli mobili fornendo loro la possibilità di fruire di contenuti televisivi mentre sono in movimento; il DVB-X dovrebbe diventare, infatti, uno standard per i terminali "hand-held".

Una questione cruciale sarà la gestione (e la possibilità) della convivenza di DVB-X con la rete DVB-T presente sul territorio in termini di allocazione delle frequenze. Un altro problema sarà legato alle batterie dei terminali la cui autonomia, oggi, non consentirebbe di realizzare servizi di diffusione broadcast 24 ore su 24. Altre implicazioni derivano anche dalla complessa realizzazione di un terminale in grado di interfacciarsi sia col mondo UMTS/GPRS che con quello DVB-T.

Dal punto di vista degli operatori di telefonia mobile, in 3GPP (3rd Generation Partnership Project), si lavora per l'approvazione (prevista per il 2010) delle specifiche sul MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service) che consentirà di fornire agli utenti della rete cellulare servizi audiovisivi in broadcast o multicast. Il problema è che l'offerta su reti cellulari avverrebbe su canali dedicati sottraendo quindi capacità di banda al traffico telefonico e agli altri servizi; in quest'ottica, quindi, il DVB-X non dovrebbe essere visto come un concorrente, ma percepito come uno standard efficace, in termini di costi, che può consentire all'operatore di telefonia mobile di allargare l'offerta includendo anche servizi broadcast.

7. Conclusioni

Lo sforzo di ricerca tutt'ora in corso sull'utilizzo di reti ibride terrestri ha delineato diverse possibilità tecnologiche per la creazione di nuovi e più efficaci servizi per gli utenti. L'utilizzo cooperativo di rete diffusiva digitale e rete cellulare mobile di terza generazione potrebbe migliorare il modo in cui accediamo ai contenuti e comunichiamo. In particolare, la convergenza tra le due reti, regolata dal lavoro di standardizzazione in corso in ambito DVB, permetterebbe all'utente di accedere a servizi eterogenei ed innovativi su di un unico terminale, e sarà favorita dall'adozione di protocolli, basati su IP, in grado di adattare a canali broadcast meccanismi trasmissivi largamente usati nelle reti telecom. Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica Rai, forte anche dell'esperienza maturata nella sperimentazione di servizi video, audio e dati su reti DVB-T in ricezione mobile e fissa, ha contribuito attivamente alla ricerca. In particolare, i prototipi che i progetti OverDRiVE e CISMUNDUS stanno realizzando dimostrano concretamente alcuni scenari di utilizzo di servizi di nuova generazione. L'attenzione verso la integrazione di rete digitale terrestre e reti cellulari 3G trova anche conferma nella realizzazione di prototipi di terminali mobili di terza generazione a basso consumo di po-

tenza, in grado di ricevere anche il segnale televisivo digitale terrestre, sia nell'ambito dei progetti europei sopra considerati che da parte di costruttori operanti nel mercato delle telecomunicazioni.

Bibliografia

1. ETSI EN 30 744, "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television", V1.4.1, January 2001.
2. R. Tönjes, K. Mößner, T. Lohmar, M. Wolf: "OverDRiVE - Spectrum Efficient Multicast Services to Vehicles", IST Mobile Summit, Thessaloniki, 16-19.June, 2002.
3. S. Deering, R. Hinden: "Internet Protocol, version 6 (IPv6), Specification", RFC2460, December 1998.
4. D. Milanesio, V. Sardella: "Servizi multimediali e interattivi nel DAB (Digital Audio Broadcasting)", Elettronica e Telecomunicazioni, n. 1,Aprile 1999.
5. P. Casagranda, D. Milanesio et Al.: "Architecture and Proof-of-Concept Implementation for Mobile/Broadcast Hybrid Networks", ConfTele2003, Aveiro (Portogallo), June 2003.
6. K. Sollins: "The TFTP Protocol (Revision 2)", IETF RFC1350, July1992.
7. TM 2721 rev.1, "Technical AHG DVB Mobile (DVB-M) Terms of reference"
8. J. Henriksson, "DVB-X", DVB Scene n.5, March 2003.

Sistemi "store and forward" per reportage giornalistici

ing. Mario **Muratori,**
ing. Paola **Sunna**
Rai
Centro Ricerche e
Innovazione Tecnologica
e
ing. Massiomo **Visca**
Rai
Centro di Produzione
Torino

Sommario
Le attività giornalistiche televisive svolte "in esterna", in particolare in luoghi lontani dalla propria sede, possono trovare un valido supporto nei sistemi di tipo "*store and forward*" poiché questi permettono la memorizzazione del materiale "girato" e la successiva trasmissione nei momenti più opportuni.
Dalle prime realizzazioni applicate a sistemi SNG (*Satellite News Gathering*), la cui utilità risiedeva principalmente nella possibilità di sfruttare utilmente i tempi morti dei costosi collegamenti satellitari di tipo televisivo, si è arrivati, tramite diverse fasi di sviluppo tecnologico, agli attuali sistemi basati su elaboratori portatili di fascia alta connessi con sistemi satellitari di trasmissione a pacchetti con protocollo IP (*Internet Protocol*).
Questi sistemi modificano significativamente il processo produttivo, in quanto, grazie alle funzionalità di editing avanzate disponibili sulle moderne piattaforme elaborative, e la possibilità di usufruire di servizi *on-line Internet* o *Intranet* tramite collegamento satellitare permettono la produzione, nel sito remoto, di servizi giornalistici completi.
Il contenuto di questo articolo si configura come la continuazione di un'analisi, effettuata nel 2001, relativa ad un sistema basato su piattaforma informatica e collegamento satellitare digitale. A differenza di allora, attualmente si rileva la possibilità di utilizzare tecnologie informatiche e telematiche standard lungo tutta la catena del processo di produzione: acquisizione, editing, trasmissione e restituzione video, il che permette l'uso di macchine e software di normale reperimento sul mercato a costi relativamente limitati. Inoltre, anche i sistemi di trasmissione satellitare più recenti offrono maggiori prestazioni e diverse tipologie di collegamento a costi interessanti.

1. Introduzione

I sistemi di telecomunicazione hanno, fin dal loro apparire, permesso di velocizzare il trasferimento di informazioni tra persone situate in luoghi molto distanti tra loro. Per questo motivo sono utilizzati nei più svariati campi, laddove vi sia la necessità di scambiare ogni sorta di informazioni, dai dati alle notizie.

L'inizio del secolo scorso vede la nascita di servizi di "radiodiffusione circolare" gestiti da aziende specifiche quali la Rai, allora Eiar, il cui fine aziendale è quello di diffondere "programmi" radiotelevisivi. Questi, in genere, toccano tematiche molto diverse: dalla cultura, allo spettacolo, all'informazione; quest'ultima, in particolare, viene presentata sia come notiziari di approfondimento sia sotto forma di giornali radio o telegiornali, versione radiotelevisiva dei giornali tradizionali.

L'attività informativa giornalistica nacque un paio di secoli fa per soddisfare l'esigenza delle persone di essere informate su quanto accadeva attorno a loro, e, nel corso del tempo, si è modificata nelle forme e nei mezzi cercando comunque di minimizzare il tempo intercorrente tra l'occorrenza dell'evento e la pubblicazione e diffusione della relativa notizia.

A questo fine risulta indispensabile il ricorso ai moderni mezzi di telecomunicazione che hanno consentito di aumentare notevolmente la mole di informazioni trasmissibili. Si pensi,

per esempio, alla possibilità per il giornalista di scrivere il proprio pezzo durante la missione e inviarlo per posta elettronica o fax, in contrapposizione ai pochi appunti che si potevano trasmettere al tempo del telegrafo, o alla possibilità data dai sistemi satellitari di stabilire una connessione telefonica (anche in tempo reale) da quasi tutti i luoghi del Pianeta, anche quelli più inaccessibili e poco antropizzati.

V'è di più. Al giorno d'oggi le tecniche di comunicazione sono sofisticate e fanno uso di più "canali mediatici" o "media": non basta più la parola scritta in quanto si preferisce spesso utilizzare anche il canale sonoro e visivo. Ecco che, quindi, la televisione ed il computer sono diventati mezzi preferenziali di fruizione del servizio informativo giornalistico, poiché permettono di utilizzare più "media" contemporaneamente, in particolare il canale sonoro e quello visivo. I sistemi di radiodiffusione sono intrinsecamente adatti a veicolare l'informazione audiovisiva tra il centro di confezionamento, ossia la testata giornalistica, e l'utenza, mentre sorge il problema di alimentare con materiale adatto la sede di produzione dei programmi.

Infatti, non è più accettabile, come si faceva in passato, utilizzare del materiale di repertorio per completare le notizie riportate dal giornalista annunciatore. L'utenza vuole ricevere, nel più breve tempo possibile, informazione audiovisiva che si riferisca direttamente all'evento, quindi generata sul posto dove lo stesso si svolge.

Questa richiesta è oggi finalmente affrontabile con strumenti quasi di uso comune, dai costi relativamente bassi.

2. Fasi evolutive dei sistemi televisivi per reportage televisivi

Fino ai primi anni '80, il reportage televisivo si effettuava con cineprese poiché non esistevano ancora le telecamere portatili. La pellicola ricavata dalle riprese doveva essere fisicamente trasportata al laboratorio di sviluppo ed elaborata al "telecine" per ricavare un segnale televisivo adatto all'utilizzazione con macchine di tipo televisivo: montaggio lineare, sincronizzazione, messa in onda. Il materiale era sì di tipo audiovisivo, ma il tempo intercorrente tra la ripresa e l'elaborazione per la preparazione del telegiornale era piuttosto lungo, soprattutto se il fatto si svolgeva in luogo distante dalla sede giornalistica.

Nella prima metà degli anni '80, dalle cineprese si passa alle telecamere spalleggiabili con registratore magnetico portatile, ma non integrato nella telecamera. Anche in questo caso vi era la necessità di trasportare fisicamente il nastro magnetico dal punto di origine alla sede di montaggio, ma si risparmiava tempo in quanto si evitava il passaggio dalla pellicola al segnale televisivo. Il fatto di lavorare solo con tecnologia "televisiva", ossia elettronica, diede l'opportunità di coniare il neologismo "ENG" (Electronic News Gathering), ma anche di iniziare ad utilizzare i primi sistemi radio di trasporto del segnale televisivo cui si accenna di seguito.

Intorno al 1985 nacquero i primi "camcorder", telecamere con registratore magnetico incorporato, che nelle varie forme, dimensioni, formati di registrazione ed ergonomia si sono evolute negli attuali sistemi che presentano ridottissime dimensioni, buona qualità del segnale televisivo generato e costi relativamente bassi. Rispetto alla fase precedente, il miglioramento risiede nella maggiore maneggevolezza degli apparati e in una notevole riduzione delle dimensioni anche del supporto fisico (cassette magnetiche di ridottissime dimensioni, dischi ottici o memorie elettroniche allo stato solido), con conseguente miglioramento dal punto di vista logistico.

Sempre negli anni '80 iniziano ad essere utilizzati ponti radio adatti al trasporto di segnale televisivo. La caratteristica principale di questi apparati è che permettono la veicolazione immediata del segnale televisivo originato sul luogo dell'evento all'utente, tramite la rete di diffusione televisiva; in altre parole la "diretta" televisiva, in gergo anche chiamata "live". Normalmente, i ponti radio propriamente detti

sono basati su infrastrutture non agevolmente trasportabili, o addirittura fisse, e quindi sono utilizzati per instaurare un collegamento con postazioni usate periodicamente (p.es. sedi di fiere e/o convegni, sedi istituzionali, infrastrutture sportive) o laddove lo sforzo produttivo sia notevole anche per il singolo evento, e richieda la mobilitazione di strutture (produttive) di una certa entità (p.es. corse ciclistiche di rilevanza internazionale, giochi olimpici, eccetera).

La grossa limitazione di questi sistemi è, come detto, che l'infrastruttura del ponte radio non è agevolmente riconfigurabile se non su singole brevi tratte poiché in questo caso antenne e tralicci possono essere di piccole dimensioni.

Per aumentare la flessibilità del sistema, le aziende radiotelevisive che posseggono una rete capillare di ripetitori distribuita sul territorio, come la Rai, hanno installato testate di ponti radio anche nei siti remoti, ma, ovviamente, non è possibile estendere la capacità di collegamento in ponte radio su tutto il territorio nazionale.

L'evoluzione del sistema è rappresentata dalla tecnologia satellitare svincolata dalle infrastrutture terrestri il cui utilizzo nel campo del giornalismo televisivo viene indicato come "SNG" (Satellite News Gathering). Il fatto che i satelliti abbiano coperture che eccedono i limiti continentali, e che esistano satelliti appositi per collegamenti intercontinentali, implica una notevole estensione della regione dalla quale si rende possibile effettuare collegamenti televisivi anche in diretta. "Anche" sta ad indicare che, negli eventuali tempi morti di utilizzazione del satellite, è consuetudine sfruttare il collegamento satellitare già attivo e pagato per inviare del materiale (il cosiddetto "girato") che viene utilizzato nella realizzazione dei servizi giornalistici preparati "in sede" ad integrazione della diretta.

Si introduce quindi in nuce il concetto di "store and forward", in quanto il "girato" viene memorizzato su registratore video e trasmesso quando possibile. Tuttavia, non si parla ancora di trattamento del segnale nel sito remoto, a meno di non ricorrere ad ingombranti e costosi "O.B. Van", ossia speciali autocarri equipaggiati con una completa regia mobile.

La tecnologia informatica ha permesso un'ulteriore evoluzione del processo produttivo.

Al giorno d'oggi, infatti, la tecnologia microelettronica è tale da permettere la realizzazione di stazioni di acquisizione ed editing non lineare basati su piattaforme di classe "notebook"; esistono telecamere in standard digitale DV, da una parte facilmente collegabili agli elaboratori personali con un bus standard noto e diffuso (IEEE 1394 "Firewire"), dall'altra con eccellenti qualità televisive, almeno nei modelli semiprofessionali; i punti di accesso alla rete Internet sono diffusi e i sistemi di trasmissione via satellite sono disponibili a costi relativamente bassi. Questi sono tutti elementi che permettono di realizzare interi servizi televisivi nel sito remoto, ad una qualità elevata, con costi ridotti, e con l'intervento di pochissime persone specializzate.

La principale limitazione ancora esistente, risiede nella limitata capacità dei canali trasmissivi telematici (rete e/o collegamenti telefonici e/o via satellite), che non permettono ancora l'effettuazione della "diretta" televisiva con la medesima qualità del segnale ottenibile con la tecnica "store and forward" o con i sistemi tradizionali.

3. Descrizione di alcuni sistemi di trasmissione satellitare

VAST-P Digital

Il Vast-P Digital è un sistema di trasmissione trasportabile in grado di funzionare in modalità "two-way live", ossia videoconferenza, o "store and forward". Era prodotto dalla TOKO, ma dopo il fallimento di questa non è più commercializzato.

L'apparato è in dotazione alla Rai ed è stato utilizzato con successo in occasione degli avvenimenti bellici in Kosovo (1999).

Il sistema si presenta come un apparato video,

con ingressi e uscite in standard televisivo. Adotta uno schema di codifica basato su DCT. Per limitare il bitrate del segnale codificato, riduce l'immagine al formato CIF (un quarto delle dimensioni normali in definizione standard) e codifica con uno schema "basato su MPEG1". E' adatto alla trasmissione su sistemi ISDN e INMARSAT-B, costituiti da canali digitali a 64 kb/s singoli o affasciati a coppie.

Commenti sul sistema Vast-P Digital

Nonostante il trattamento di codifica, per trasmettere un minuto di video codificato a qualità "HI quality" su un canale a 64 kb/s sono necessari 31 minuti circa. Ciò, in aggiunta alla scarsa qualità della codifica video e all'ingombro e peso dell'apparato, ne limita fortemente l'utilizzo, soprattutto a favore di altri sistemi più recenti e con migliori prestazioni.

Voyager Lite

Il sitema Voyager Lite, prodotto e commercializzato dalla Liveware Digital Ltd, si presenta come un sistema di "store and forward" completo.

L'acquisizione, l'editing, la codifica vengono effettuate su piattaforma Sony Vaio o altro "notebook" di elevate prestazioni; la trasmissione via canale digitale a 64 kb/s Inmarsat è effettuata tramite terminali Nera WorldCommunicator; la gestione della ricezione del materiale audiovisivo sotto forma di file è a carico di un apposito server basato su piattaforma tipo personal computer con sistema operativo Windows ed equipaggiato di software proprietario e scheda modem ISDN.

Il sistema, oltre a garantire una buona qualità dell'immagine ed essere facilmente trasportabile, adotta un protocollo proprietario ottimizzato per la trasmissione via satellite che permette, a detta del produttore, sensibili risparmi e affidabilità nel trasferimento del materiale televisivo, in genere consistente in file di dimensioni ragguardevoli.

Il costo piuttosto elevato del sistema è principalmente dovuto ai terminali satellitari e al software proprietario.

Uno dei maggiori problemi incontrato durante i test svolti presso il CRIT fu il costo dei collegamenti satellitari, mentre pesi, ingombri e, in genere, funzionalità, risultarono accettabili.

Il processo produttivo previsto per l'utilizzazione corretta di questo sistema consiste nell'effettuare le riprese, scaricare il materiale video sul "notebook" tramite porta "Firewire" memorizzandolo sul disco rigido del portatile, effettuare l'editing non lineare con apposito software, memorizzando il risultato nuovamente sul disco, e trasferire tale materiale tramite un collegamento ISDN (terrestre o satellitare) all'apposito server dedicato situato nel sito ricevente.

Il sistema Voyager Lite non consente la modalità "live", ossia la possibilità di effettuare una "diretta". In linea di principio questa sarebbe possibile, con forti limitazioni dovute alla capacità del canale satellitare (64 kb/s), utilizzando il terminale Nera come modem satellitare, ma è un modo di funzionamento non previsto, soprattutto perché non sfrutta il valore aggiunto del produttore, consistente nel software di gestione del trasferimento dei file. In effetti, la possibilità di affasciamento di più canali a 64kb/s è dovuta a tale software e non è utilizzabile da applicativi esterni.

Questo sistema introduce una novità, rispetto al Vast-P Digital, e cioè che la funzionalità "store and forward" non viene effettuata in ambiente televisivo, ma in ambiente informatico. In altre parole, non viene memorizzato e trasmesso un segnale televisivo, ancorché digitalizzato e codificato, ma un file. Ciò apre la possibilità di utilizzare tecniche informatiche e canali telematici, a volte non molto compatibili con le esigenze della televisione, ma con caratteristiche interessanti e non sempre limitative, data la presenza pervasiva negli attuali studi televisivi di apparati di trattamento ed elaborazione del segnale video basati su elaboratori elettronici.

Sistemi satellitari avanzati

Questa locuzione viene qui utilizzata per indicare una molteplicità di soluzioni caratterizzate dall'invariante di basarsi su sistemi di trasmissione satellitare digitale di recente introduzione.

Analogamente al sistema Voyager Lite, la stazione di acquisizione ed editing considerata in questi sistemi è basata su elaboratori portatili di elevate prestazioni correntemente disponibili sul mercato.

La differenza sistemistica sostanziale rispetto al Voyager Lite, risiede, invece, nel tipo di collegamento satellitare e nella capacità di tale canale. Infatti, quel sistema prevedeva l'utilizzo del sistema Inmarsat MiniM, in grado di offrire un collegamento punto punto su linea commutata digitale ISDN, mentre i sistemi satellitari considerati in questo capitolo sono stati sviluppati per offrire direttamente connettività a reti di elaboratori, in particolare ad Internet.

Le diverse tipologie di collegamento implicano ovviamente differenti funzionalità, che possono risultare pregi o difetti a seconda del tipo di utilizzazione. I collegamenti di tipo telefonico hanno la caratteristica di offrire una capacità di canale nominalmente fissa, che, una volta stabilito il collegamento, idealmente è riservata completamente all'utente che può quindi sfruttarla fino al suo valore massimo. In pratica, la capacità reale del canale è ridotta a causa delle eventuali ritrasmissioni dovute ad errata ricezione e all'indispensabile ridondanza utilizzata dalle codifiche di canale. Le interruzioni accidentali del collegamento sono anche possibili e vanno gestite in modo opportuno sia per ripristinare la connessione interrotta, sia per evitare la ritrasmissione dei file non correttamente e/o non completamente ricevuti, problema non trascurabile a causa delle notevoli dimensioni dei file contenenti il materiale audiovisivo. La tariffazione normalmente è calcolata sulla base della durata del collegamento, ossia, sul periodo di tempo in cui viene impegnata, in esclusiva, la risorsa trasmissiva.

La soluzione Inmarsat MiniM adottata dal Voyager Lite, non solo è basata su canali ISDN di bassa capacità (64 kb/s), ma risulta anche abbastanza onerosa in termini di costo di collegamento. Pertanto si rende opportuna, ancorché a costi non trascurabili, l'adozione di software sofisticati ed eventualmente proprietari per la gestione di più flussi dati contemporanei, al fine di diminuire la durata del trasferimento, per la gestione delle eventuali interruzioni del collegamento, al fine di evitare le ritrasmissioni dei file non completamente ricevuti, e per l'utilizzazione di protocolli più sofisticati dell'FTP, al fine di ridurre il tempo di trasmissione complessivo.

I sistemi satellitari qui indicati come "avanzati" offrono un agevole accesso dalla postazione remota a reti telematiche, in particolare ad Internet, anche grazie all'adozione della tecnica di trasmissione a pacchetti che supporta il protocollo IP.

Quando si utilizza l'accesso ad Internet, il gestore satellitare è visto come un "Internet Access Provider". L'accesso alle reti private è possibile sia da Internet tramite tecniche di "tunnelling" quali la VPN (Virtual Private Network), sia tramite collegamenti punto-punto con macchine direttamente inserite nella rete privata.

Considerando la caratterizzazione statistica del trasferimento dati su rete, l'accesso condiviso è probabilmente la formula migliore, in situazioni normali, per suddividere la capacità del link satellitare (Ethernet adotta lo stesso principio) e conseguentemente permettere una drastica riduzione dei costi di collegamento, che in questo caso vengono computati in base alla quantità di dati trasferiti. Tuttavia, la condivisione della capacità del canale può, per definizione, impedirne al singolo utente l'utilizzazione completa. Inoltre, se il sistema non prevede la possibilità di allocare una capacità minima garantita ad utenti privilegiati, in caso di traffico intenso è possibile che la capacità effettiva a disposizione del singolo utente si riduca fino ad annullarsi.

Si noti che alcune soluzioni di mercato offrono la possibilità di effettuare collegamenti punto-

punto e con capacità minima garantita, di particolare interesse nel caso in cui sia necessaria la costante disponibilità della connessione, come nell'applicazione considerata.

La stazione di editing

Nelle attuali realizzazioni di sistemi del tipo “store and forward” viene adottato un elaboratore portatile classe “notebook” di fascia elevata, con la più elevata potenza di calcolo, quantità di memoria RAM e capacità di disco rigido possibili (configurazione tipica: CPU classe Intel Pentium IV con clock superiore a 2 GHz, memoria RAM superiore a 512 MB, disco rigido IDE da 60 GB). Il monitor TFT normalmente utilizzato (meglio se 15”, con risoluzione 1600x1200) si comporta spesso bene, ma può dare riflessi luminosi indesiderati causati dalla luce ambiente. La tastiera è normalmente ritenuta di dimensioni accettabili (si noti che i “notebook” di fascia alta hanno dimensioni generose), e l'apparato di puntamento può essere facilmente integrato con altri dispositivi esterni più ergonomici (p.es. mouse o track-ball) se ritenuto non ottimale.

Per l'acquisizione del segnale video si utilizza l'ingresso IEEE1394 (Firewire) del quale le macchine di fascia alta sono normalmente equipaggiate. La velocità di trasferimento dati sul bus “Firewire”, pari a 25 Mb/s, è tale da permettere l'utilizzazione di dischi rigidi non particolarmente sofisticati (ATA 33 o superiori).

L'acquisizione di materiale video in altri formati, per esempio: PAL, S-Video, componenti analogiche, SDI (Serial Digital Interface) è possibile solo tramite appositi convertitori esterni (analogico/DV), peraltro non molto costosi, data l'impossibilità di installare schede standard nel corpo dell'elaboratore portatile.

Gli applicativi di acquisizione ed editing di possibile utilizzo dipendono dal sistema operativo. Ne esistono di ottimi, ancorché non sofisticatissimi, sia per piattaforme MacIntosh (p.es. FinalCut) che per piattaforme Windows (p.es. Adobe Première). In linea di massima potrebbero essere installati anche software più sofisticati. La scelta dovrebbe dipendere dalle funzionalità offerte, dall'ergonomia dell'interfaccia, dal costo, nonché dal tempo di calcolo richiesto per effettuare le operazioni previste. Infatti, alcuni applicativi sfruttano i dispositivi di calcolo specialistici (DSP) montati su specifiche schede di acquisizione ed elaborazione video, e può succedere che l'elaborazione di alcuni effetti e di alcuni tipi di codifica richiedano tempi di calcolo inaccettabili se gestite con la versione software basata sulla CPU di sistema.

Di particolare importanza è la possibilità di codificare nei formati desiderati direttamente dall'ambiente di editing allo scopo di eliminare dei passi di lavorazione che richiedono tempo.

Si noti che l'algoritmo ed i parametri di codifica dovrebbero essere scelti in base al contesto operativo, al fine di sfruttare al meglio le caratteristiche dei vari sistemi di codifica (qualità soggettiva, dimensione del file codificato, tempo di codifica, ecc.).

La restituzione del materiale audiovisivo in formato televisivo non è prevista sulla stazione remota in applicazioni di tipo “store and forward”, ma potrebbe essere utile in caso di utilizzo “ibrido”, ossia qualora si utilizzi la macchina per l'acquisizione e l'editing e i sistemi tradizionali per la trasmissione del materiale televisivo prodotto. In questo caso una tecnica possibile è di utilizzare il bus “Firewire” (in genere l'uscita IEEE1394 può essere vista anche come “device” di uscita dall'applicativo di editing) per alimentare un convertitore D/A esterno, dal quale ricavare i segnali televisivi nel formato voluto. Poche macchine offrono quanto visualizzato sullo schermo in formato S-Video, ed inoltre l'uso di convertitori a basso costo da segnale VGA a formato televisivo non è in genere consigliabile per la scarsa qualità della conversione, spesso inferiore a quella offerta dai convertitori da formato DV a formato televisivo di pari costo.

Il sistema satellitare

In questo lavoro si considerano i sistemi Inmarsat Regional BGAN e Eutelsat/Skylogic.

Ambedue offrono connettività a rete e supportano il protocollo IP. Si differenziano principalmente per capacità e tipo di connessione.

Immarsat Regional BGAN

Il sistema Inmarsat Regional BGAN offre una connessione ad Internet supportata da un canale dati a pacchetti in condivisione.

L'interesse per questo sistema risiede principalmente nel basso costo degli apparati e della tariffazione, basata sulla quantità di dati trasmessi.

La possibilità di connettersi ad Internet, punto forte dell'offerta commerciale del sistema, non è invece particolarmente utile nell'applicazione in oggetto che richiede una connessione punto-punto. Peraltro questa è realizzabile tramite una VPN (Virtual Private Network) o con l'"esposizione" di una macchina dedicata al di fuori della rete aziendale.

La condivisione del canale satellitare è un fattore potenzialmente negativo. Il sistema Regional BGAN prevede una copertura del tipo "spot beam", associando un canale ad ogni "spot". In tal modo si ottiene una molteplicità di accessi non interferenti se effettuati da "spot" diversi, mentre la capacità di canale viene condivisa tra i diversi terminali attivi illuminati dal medesimo "spot". L'accesso è di tipo statistico, paragonabile a quanto si verifica su una Ethernet, e non è prevista la possibilità di associare capacità trasmissive minime riservate al singolo terminale.

Questa caratteristica non è particolarmente limitativa per applicazioni che implicano un trasferimento di file di ridotte dimensioni, quali l'accesso ad Internet.

La capacità del canale pari a 144kb/s, pur non essendo particolarmente elevata, permetterebbe, in linea di massima, di effettuare collegamenti video "live" con qualità "videoconferenza", probabilmente sufficienti per applicazioni di tipo giornalistico televisivo in situazioni molto difficili, p.es. reportage da zone di guerra. Tuttavia, il fatto di non poter ottenere una capacità trasmissiva minima non permette di utilizzare applicazioni che richiedano un flusso continuo ed ininterrotto di dati (diretta televisiva): potrebbe rendere impossibile l'effettuazione del collegamento quando necessario e causare l'interruzione dello stesso in modo assolutamente casuale.

In altre parole, il sistema Inmarsat Regional BGAN sembrerebbe inadatto alla diretta televisiva ed a schedulazioni temporali molto restrittive.

Eutelsat/Skylogic

Le soluzioni offerte da Skylogic, branca italiana di Eutelsat, si propongono come una vera e propria LAN via satellite con banda larga riservata per servizi Intranet ed Extranet. L'accesso ad Internet è anche possibile. Le applicazioni indicate sono: trasferimento di file, interconnessione a LAN, voice-over-IP (telefonia via rete), gestione di database e applicazioni client-server, collegamenti di contribuzione, teleconferenze, telesorveglianza.

Per l'applicazione considerata in questo lavoro, si può notare che l'assegnazione in esclusiva della capacità del canale evita i problemi tipici dell'accesso condiviso (p.es. rallentamenti ed interruzioni) e permette la trasmissione di flussi di dati ("streaming"), quindi la diretta televisiva. Inoltre, la notevole capacità del canale, pari a più di 1 Mb/s, permette veloci trasferimenti di file anche di dimensioni notevoli, nonché una buona qualità soggettiva del segnale codificato e trasmesso in diretta.

Le funzionalità "Voice-over-IP" e "teleconferenza" possono trovare utilizzazione anche come supporto alle attività giornalistiche svolte in luogo remoto, mentre l'accesso ai servizi offerti dalla intranet aziendale integrano completamente la postazione remota alla rete aziendale stessa, permettendo per esempio, la realizzazione nel sito remoto di servizi giornalistici che includono anche materiale d'archivio reperito nelle teche aziendali.

4. Conclusioni

Al giorno d'oggi la soluzione basata su apparati di tipo informatico e telematico rappresenta la soluzione più vantaggiosa in termini economici, di praticità e di flessibilità d'uso sia per applicazioni televisive di tipo ENG/SNG (realizzazione di "diretta" o utilizzo "store and forward") che per applicazioni di supporto (voice-over-IP, teleconferenza, comunicazione scritta tramite email, chat, e simili, scambio di documenti, fruizione di servizi on line, eccetera).

Per quanto riguarda la stazione di acquisizione ed editing, la soluzione tecnica attualmente maggiormente adottata è rappresentata da elaboratori portatili della classe "notebook" di fascia alta, equipaggiati con apposito software per l'acquisizione tramite porta IEEE 1394 "Firewire". In genere non si tratta di macchine con particolari caratteristiche di robustezza, mentre la potenza di calcolo è notevole e in genere sufficiente ad ottenere tempi di calcolo accettabili nella maggior parte delle elaborazioni prevedibili nelle applicazioni in oggetto.

Per quanto riguarda il sistema satellitare di trasmissione, il Voyager Lite è oggi sostituibile con sistemi più recenti più economici ed eventualmente con maggiore capacità trasmissiva.

In linea di massima, l'adozione di tecnologie informatiche e telematiche standard in tutta la catena del processo di produzione (acquisizione, editing, trasmissione e restituzione video) permette l'uso di macchine e software di normale reperimento sul mercato a costi relativamente limitati.

Un eventuale convertitore AD/DA esterno, peraltro non particolarmente costoso, permette di collegare la porta IEEE1394 presente su quasi tutti i "notebook" di fascia alta con apparati televisivi professionali, talora forniti solo di uscite analogiche. Inoltre, utilizzato in senso inverso, permette di alimentare i sistemi di trasmissione televisiva tradizionali con il materiale acquisito e trattato sull'elaboratore portatile.

5. Ringraziamenti

Si ringraziano i colleghi del Centro Ricerche Andrea Falletto, Sabino Mantovano, Mauro Rossini e Luca Vignaroli per la loro collaborazione nell'effettuazione di prove di funzionamento dei sistemi considerati.

Si ringraziano inoltre i colleghi Sergio Zenatti e Giovanni Corazza del TG regionale per la loro collaborazione, in particolare relativa alla valutazione dei sistemi considerati in ambiente operativo.

Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica all'IBC 2003

Anche quest'anno il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai è presente all'IBC (*International Broadcasting Convention, www.ibc.org*) ad Amsterdam.

L'evento, uno dei più importanti a livello mondiale per quanto riguarda la tecnologia nel campo della radiodiffusione, consiste in una mostra e in una conferenza.

La mostra si tiene dal 12 al 16 settembre e il Centro Ricerche è presente presso l'EBU Village (figura 1) con due dimostrazioni.

La dimostrazione sui P_META Tools 1.0 è un percorso ideale attraverso le fasi che costruiscono un'applicazione di scambio di materiale audiovisivo e di metadati utilizzando lo schema di metadati standard P_META 1.0. Questo standard, sviluppato e definito all'interno del gruppo EBU P/Meta e pubblicato nel settembre 2002, permette lo scambio di informazioni nell'ambito business-to-business, cioè tra broadcaster, produttori e archivi. Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica ha sviluppato un toolkit in grado di generare documenti conformi a questo standard.

Fig. 1 - Una rappresentazione dell'EBU Village, presente allo stand 411, Hall 10 dell'IBC 2003.

In Italia il lancio della Televisione Digitale Terrestre è ormai alle porte. La tecnologia digitale, oltre a consentire un incremento del numero di programmi e al miglioramento della qualità dei segnali audio/video, rivoluzionerà anche il mondo dei servizi che diventeranno fruibili attraverso il televisore. Fino ad oggi, esperienze internazionali e ricerche di mercato hanno evidenziato che i modelli vincenti nell'ambito dei servizi interattivi sono quelli che propongono un arricchimento dell'offerta televisiva, più che una totale interazione bidirezionale a cui il pubblico non è ancora preparato.

Il Centro Ricerche ha sviluppato un certo numero di servizi interattivi (figura 2) che, mantenendo la centralità del contenuto televisivo, offrono un'interazione moderata. Non vengono tuttavia trascurate le enormi potenzialità offerte dalla presenza di un canale di ritorno via modem, grazie al quale l'utente può entrare direttamente in contatto con i fornitori di servizi. Pertanto sono stati sviluppati anche servizi non associati a particolari programmi televisivi che consentono

di arricchire l'offerta, tra cui citiamo i servizi di pubblica utilità (e-government) e servizi tipo Teletext Digitale con notizie in tempo reale. Tutti i servizi presentati sono stati sviluppati utilizzando la tecnologia MHP (*Multimedia Home Platform*) che sarà disponibile nei nuovi ricevitori per la DTT (*Digital Terrestrial Television*).

La conferenza si tiene dall'11 al 15 settembre e il Centro Ricerche è presente con vari contributi.

Il Direttore del Centro Ricerche, Alberto Morello, partecipa alla tavola rotonda "*New Delivery Methods*", giovedì 11, ore 14.

Laurent Boch partecipa alla tavola rotonda "*New Technology from Old Archives*", domenica 14, ore 9:40.

Paolo Casagranda presenta il contributo (il sommario in italiano è riportato nel riquadro) alla sessione "*Compression: more for less*", domenica 14, ore 14.

MIGRAZIONE DI NUOVI SISTEMI DI COMPRESSIONE MULTIMEDIA AD APPLICAZIONI IN LARGA BANDA

P. Casagranda, P. Sunna

Fino ad oggi gli schermi che utilizzano il tubo a raggi catodici (CRT, Cathode Ray Tube) sono stati gli unici tipi di display disponibili per gli utenti domestici, ma la tecnologia sta attualmente evolvendo verso schermi piatti di grande dimensione che, con gli attuali sistemi di compressione, richiedono un bit-rate superiore a quello della televisione standard. Poiché la banda è limitata per la televisione digitale, è necessario prevedere sistemi di compressione più efficienti per il futuro. Nel campo delle applicazioni multimediali, sono state sviluppate molte promettenti tecnologie di compressione per distribuire a basso bit-rate audio e video a ridotto formato d'immagine (SQCIF, QCIF, CIF). Tuttavia recentemente il loro scopo è stato ampliato al fine di utilizzarle anche per il segnale TV a piena risoluzione. In questo contributo, sono descritte queste evoluzioni ed è analizzato l'impatto di queste nuove tecnologie sulle applicazioni a larga banda e nell'uso domestico, esaminando i risultati di prove di laboratorio che coinvolgono la valutazione della qualità video, sia nel caso di configurazione per la diffusione convenzionale che in quella di streaming IP.

Fig. 2 - Immagini relative ad alcuni dei servizi interattivi basati su MHP dimostrati all'IBC 2003.

Melevisione a Experimenta 2003

ing. Mario Muratori

1. Experimenta 2003

Experimenta 2003 è una mostra, promossa e organizzata dalla Regione Piemonte, di divulgazione della scienza e della tecnologia. Si tiene a Torino nei mesi estivi: quest'anno dal 30 maggio al 9 novembre presso il Parco Michelotti (figura 1). E' giunta alla XVII edizione e a conferma del successo vi sono gli oltre 2.000.000 di visitatori delle edizioni precedenti.

"A te gli occhi"- Il Mondo fra magia e scienza - è il tema di questa edizione e il Comitato Scientifico della mostra ha elaborato un progetto per definire il confine tra magia e scienza e ha proposto un percorso espositivo che permetta al visitatore di avvicinarsi ai mondi affascinanti e misteriosi della scienza e della magia. Le quattro aree tematiche individuate e sviluppate riguardano le magie del rituale, del paranormale, del cielo e dell'illusione, ovviamente analizzate con l'occhio critico della scienza.

Per il secondo anno consecutivo Melevisione collabora con Experimenta e in § 2. è riportato il testo tratto da www.experimenta.to.it che descrive l'*exhibit* organizzato dai curatori del programma televisivo.

2. Melevisione: magia per bambini

Magia per bambini, ma anche per gli adulti con i personaggi ed i giochi fantastici del noto programma televisivo. Anche quest'anno a Experimenta 2003 grazie alla collaborazione di "MELEVISIONE", il programma di Rai Tre di maggior successo della fascia bambini, i piccoli visitatori troveranno uno spazio ideato e costruito appositamente per loro. Qui i bambini potranno giocare con la "magia dell'immagine", scoprire la magia televisiva del Chroma Key e ritrovarsi in una scenografia virtuale che riproduce gli ambienti a loro cari del Fantabosco. I piccoli visitatori troveranno inoltre le sagome bidimensionali dei loro beniamini della Melevisione, si cimenteranno nello spazio di Fata Lina con giochi di specchi deformanti, illusioni ottiche, esempi di anamorfosi, un particolare tipo di caleidoscopio e il gioco-labirinto del Cobrillo di Genio Abù Zazà. Nell'antro di Strega Salamandra due postazioni computer permetteranno ai bambini di mettere alla prova le loro abilità creative attraverso il materiale presente sulle pagine web del programma e le loro abilità manuali riproducendo le manualità legate al tema, con l'aiuto di animatori in un apposito spazio di gioco.

Fig. 1 - Mappa degli exhibit di Experimenta 2003.

3. Il contributo del Centro Ricerche

Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai, che collabora alla realizzazione del sito www.melevisione.rai.it [1] associato al programma televisivo, ha prodotto gli applicativi installati sulle due postazioni computer dedicate ai giochi.

Il primo è un adattamento in ambiente Macromedia Flash dei giochi presenti sul sito della Melevisione, il secondo è un'interfaccia-contenitore in ambiente Macromedia Director sviluppata apposta per i filmati e le schede delle "manualità".

La magia del Chroma-Key è un occasione per conoscere direttamente un "effetto" televisivo complesso, ma i cui costi realizzativi sono diventati tali da consentirne l'uso anche al di fuori degli studi televisivi [2].

Il Centro di Produzione Rai di Torino ha costruito un mini studio, dove il palco e la parete posteriore sono ricoperti di un panno verde che alcune lampade illuminano (quasi) uniformemente. Una telecamera fissata su un supporto inquadra la scena dove il bambino si posiziona sfruttando alcuni punti di riferimento nascosti. Questo mette in evidenza la difficoltà di agire in un ambiente parzialmente virtuale, in cui mancano i riferimenti legati agli oggetti fisici: in questo caso il *background* a completamento della scena è costituito da immagini registrate in studio, ma in generale può essere una scenografia virtuale, completamente sintetizzata al computer.

Le immagini riprese dalla telecamera vengono elaborate in una postazione di editing non lineare basato su prodotti hardware e software destinati al mercato non professionale. La piattaforma è messa a disposizione dal Centro Ricerche che ha anche collaborato all'addestramento al suo uso degli animatori presenti all'*exhibit*.

L'animatore effettua l'operazione di chroma-key combinando la sequenza del bambino su sfondo verde ripresa nello stand, con la sequenza ripresa in studio scelta dall'interessato tra un certo numero di possibilità.

Tutte le operazioni che portano all'ottenimento della sequenza combinata avvengono in un ambiente "realmente" allegro, in cui i bambini si divertono inventando e commentando le impreviste posizioni comiche. Infine si passa alla eventuale stampa a colori del fotogramma più rappresentativo (figura 2).

Le operazioni richiedono almeno un quarto d'ora e quindi non è possibile accontentare molti bambini, sicché l'animatore affronta i vari passi del procedimento spiegando e cercando di coinvolgere il più possibile gli astanti perché rimangano soddisfatti anche coloro che non possono essere oggetto diretto della "magia".

Bibliografia

1. M. Muratori:: "Melevisione: dalla TV al web", Elettronica e Telecomunicazioni, anno XLIX, n. 2, agosto 2000, p. 31
2. "Che cosa è, come funziona: il chroma-key", Elettronica e Telecomunicazioni, in questo numero

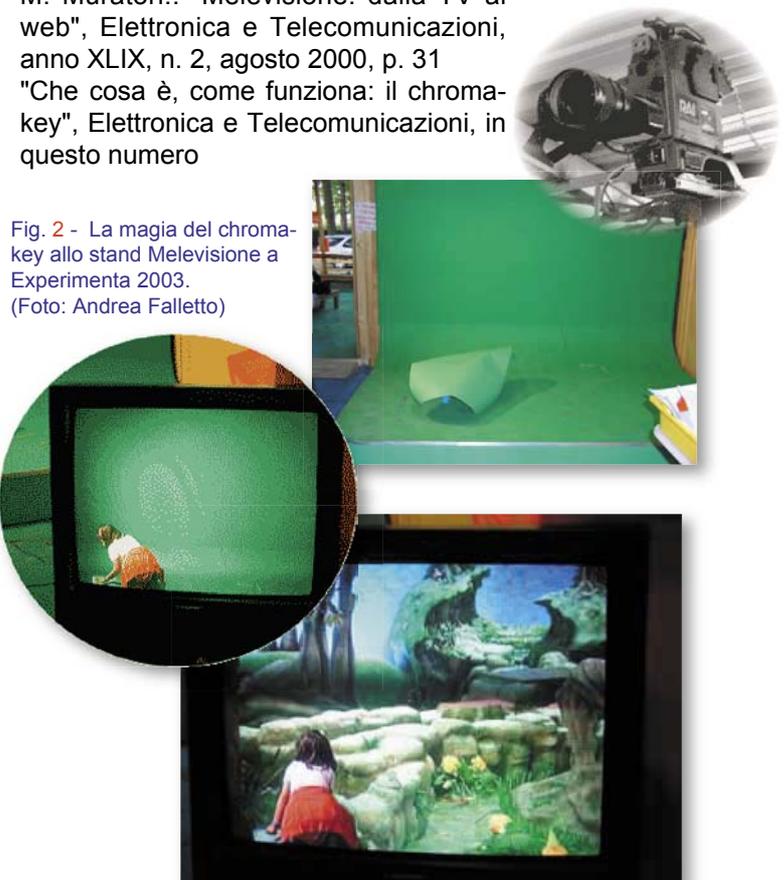



Fig. 2 - La magia del chroma-key allo stand Melevisione a Experimenta 2003.
(Foto: Andrea Falletto)

Metadati e Modellazione

Continua su questo numero l'appuntamento fisso, a cura dell'Unità Organizzativa Produzione del Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai, dedicato alle problematiche relative alla definizione e all'uso dei *metadati* in contesti di produzione e distribuzione di contenuti audiovisivi e ai temi riguardanti la *modellazione* di tali contesti.

Il Centro Ricerche ha maturato negli ultimi anni una profonda esperienza in questi ambiti in quanto coinvolto nella progettazione del Catalogo Multimediale RAI, di cui ha curato, tra gli altri, gli aspetti di modellazione dati e di analisi del contesto. Questa esperienza è stata ulteriormente consolidata grazie alla partecipazione attiva sia a progetti di standardizzazione internazionale dedicati alla definizione di strutture di metadati, quali il progetto EBU denominato P/META, o alla modellizzazione dell'ambiente di produzione televisiva, quali il progetto EBU P/FTP, sia allo sviluppo di sistemi, tuttora in produzione, basati sull'utilizzo di tali metadati in contesti intra e inter aziendali.

In questo spazio vengono ospitati sia articoli di carattere teorico e generale, sia scritti relativi più strettamente alle attività di standardizzazione e di sviluppo di sistemi.

L'articolo odierno intende fornire una descrizione generale dello standard P/META, elaborato dall'EBU con lo scopo di creare una sorta di lingua comune per lo scambio di metadati tra i diversi broadcaster.

Metadati e Modellazione
Lo standard P_META

ing. Laurent Boch,
ing. Roberto Del Pero
Rai
Centro Ricerche e
Innovazione Tecnologica
Torino

1. Introduzione

1.1 Scopo dell'articolo

Questo articolo prosegue la serie dedicata ai metadati ed al loro utilizzo ed è relativo allo standard P_META di cui fornisce una descrizione sintetica oltre ad una analisi approfondita degli scopi e del contesto considerati in fase di definizione dello stesso.

Vengono, inoltre, descritti una implementazione in XML dello standard ed un insieme di strumenti di lavoro destinati alla configurazione automatica dei servizi basati su di esso. Entrambi i prodotti sono stati sviluppati dal Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica (CRIT) e hanno reso praticamente utilizzabile lo standard in oggetto.

Vengono, infine, descritte due applicazioni pratiche di scambio metadati, entrambe conformi allo standard in esame: la prima, operativa da un paio d'anni, riguarda lo scambio di materiale audiovisivo tra Rai e Rai Click, la seconda, in fase di progettazione, si riferisce alla distribuzione di contributi di tipo *news*.

Il taglio di questo articolo è volutamente generale e si rimanda al documento *EBU ((European Broadcasting Union*) *Tech.3295* per ulteriori approfondimenti relativi allo standard.

1.2 Scopo e obiettivi dello standard P_META

Nel contesto dello scambio di programmi televisivi il ruolo giocato dai metadati è diventato sempre più importante come pure è cresciuta la necessità di definire ed utilizzare a questo scopo opportuni standard riconosciuti in ambito internazionale. Questa necessità ha spinto le diverse aziende coinvolte in queste problematiche a compiere un notevole sforzo nell'ambito della standardizzazione. In questo contesto, il progetto EBU P/META ha fatto proprie le necessità ed i requisiti delle aziende di radiodiffusione nell'ambito dello scambio di metadati relativi alla produzione multimediale. Tali aziende sono da sempre attente alle problematiche di standardizzazione e sostenitrici della necessità di usare, quando possibile, standard esistenti.

Lo scopo dello standard P_META è quello di definire una struttura standard che permetta e semplifichi lo scambio di metadati tra attori diversi, in uno scenario di tipo *business-to-business* (B2B), in modo tale da non richiedere cambiamenti nelle strutture dati, nei processi e nei concetti utilizzati all'interno delle singole organizzazioni che partecipano al suddetto scambio.

In ultima analisi P_META standardizza un insieme di strumenti che permettono di condividere il significato di tutte quelle informazioni

ritenute necessarie o quantomeno utili in un processo di scambio di programmi televisivi, e dati relativi, in un contesto di tipo *business-to-business*.

1.3. Evoluzione storica del progetto P/META

L'EBU ha promosso il progetto di lavoro P/META nel 1999.

L'obiettivo iniziale prevedeva la standardizzazione di un modello dati proposto dalla BBC e adottato all'interno di questa organizzazione, denominato SMEF (*Standard Media Exchange Framework*).

L'analisi svolta dal gruppo di lavoro ha fin dall'inizio evidenziato le difficoltà oggettive legate all'adozione, da parte delle diverse organizzazioni coinvolte, di un unico modello dati standard, quale lo SMEF, da utilizzare internamente alle stesse. Questo a causa delle differenze sostanziali e pratiche nel modello operativo relativo ad ognuna di esse, differenze dovute alle diverse evoluzioni organizzative verificatesi.

La stessa analisi ha, però, evidenziato l'opportunità di avere una standardizzazione che coinvolgesse le interfacce di scambio tra le diverse organizzazioni, al fine di creare un'intelaiatura comune in grado di permettere la piena condivisione dei significati attribuiti agli elementi d'informazione oggetto di interscambio: da qui l'evoluzione del progetto dalla semplice adozione di un formato esistente alla definizione di un nuovo standard inedito al quale i partecipanti hanno contribuito in base alla propria esperienza, ricavata anche da progetti interni su argomenti simili (ad esempio SMEF per la BBC e "Catalogo Multimediale" per Rai).

Qui di seguito è riportata una lista di date rilevanti relative al progetto P/META:

- Maggio 1999. Primo meeting del progetto
- Settembre 1999. Definizione e attivazione dei *work-packages*, tra i quali quello direttamente coinvolto nella definizione dello standard, il WP1 "*Metadata information standards for media exchange between business parties*" con *leaders* Laurent Boch, Rai-CRIT e Marcel Morkveld, NAA (società per gli archivi in Olanda).
- Settembre 2000. Definizione del "*Business Process Model*". Definizione dell'ambito, della struttura e degli obiettivi del "*EBU P/META Scheme*" (che diverrà P_META). Bozza di lavoro.
- Settembre 2001. Pubblicazione preliminare dello standard come P_META 0.9. Una applicazione basata su di esso viene presentata all'IBC (*International Broadcasting Convention*).
- Settembre 2002. Pubblicazione della versione P_META 1.0 come EBU Tech. 3295. Pubblicazione del P_META XML Schema.
- Settembre 2003. Presentazione all'IBC dei "***pmetatools***" Rai.
- Novembre 2003. Chiusura ufficiale del progetto.

2. Lo scambio di metadati

Risulta sempre più importante per le aziende avere a disposizione, in ogni punto della catena del valore, le informazioni correlate alle entità oggetto delle operazioni. Questo fatto assume ulteriore rilevanza nel momento in cui tali entità vengono scambiate tra settori diversi di una stessa azienda oppure tra aziende diverse: in questi casi la presenza dei metadati permette di individuare, descrivere e maneggiare nel modo più opportuno oggetti ideati e creati altrove.

Un qualsiasi processo di scambio presuppone che sia garantita la:

- Condivisione del supporto di comunicazione: i soggetti riescono ad accedere ai messaggi.
- Condivisione della grammatica della comunicazione: i soggetti riconoscono i messaggi.
- Condivisione della semantica della comunicazione: i soggetti capiscono i messaggi.

Mentre i primi due livelli non presentano grandi problematiche (o almeno presentano proble-

matiche risolvibili scegliendo le opportune tecnologie), l'aspetto semantico è sicuramente più difficile da affrontare in quanto, in generale, ciascun soggetto coinvolto nelle operazioni di scambio utilizza dati, strutture logiche, livelli di granularità dell'informazione e, per finire, sistemi di codifica differenti per identificare e descrivere i medesimi concetti. Nel dettaglio, in uno scambio di informazioni si ha che:

1. I soggetti coinvolti condividono, in determinati contesti, gli stessi concetti. Senza questo presupposto non esiste (né ha senso che esista) scambio di informazioni.
2. Ogni soggetto identifica e descrive tali concetti condivisi secondo strutture logiche, livelli di granularità e modalità di codifica differenti, ottimizzate rispetto ai propri processi interni. Da ciò risulta una inconsistenza nel modo di descrivere e identificare i concetti comuni.
3. Questa inconsistenza è normalmente il maggior ostacolo che si presenta nello scambio di informazioni tra entità diverse: si scambiano informazioni che non vengono capite o vengono travisate.

Due possono essere gli approcci per superare questo limite:

- Far sì che tutti i soggetti coinvolti nello scambio adottino globalmente un unico modello, uniformando tutti i diversi modelli interni. Questo approccio può avere un qualche senso internamente ad una stessa azienda in quanto può essere credibile richiedere che tutti i settori di una determinata azienda adottino, ad esempio, lo stesso modello dati, ma diventa impraticabile nel caso in cui si operi in ambito inter aziendale: ciascuna azienda vuole, giustamente, mantenere il proprio modello interno in quanto ottimizzato rispetto ai propri processi.
- Garantire l'indipendenza dei diversi modelli interni, tipici di ogni singolo soggetto, standardizzando piuttosto un unico modello relativo ai concetti da condividere tra i diversi soggetti, modello da adottarsi esclusivamente in fase di scambio delle informazioni. Questo significa determinare quali sono i concetti condivisi, individuando, in primo luogo, l'ambito in cui si opera, poiché, in sostanza, i concetti condivisi dipendono dal contesto operativo e sono validi esclusivamente in tale contesto di riferimento.

È utile per la discussione fare riferimento all'architettura per lo scambio di informazioni definita dall'EBU come composta di tre diversi *layer*: semantico (*definition layer*), tecnologico (*technology layer*) e di scambio dati (*data interchange layer*).

2.1 Definition Layer

È il *layer* che si occupa della semantica associata a tutti gli elementi di informazione presenti all'interno dell'architettura di scambio metadati. Ha il compito di individuare tutti questi elementi e di assegnare un significato univoco e condiviso ad ognuno di essi.

È il *layer* indispensabile affinché le parti coinvolte nello scambio di informazioni possano capire le stesse, condividendone il significato.

2.2 Technology Layer

È il *layer* che si occupa della codifica degli elementi di informazione, individuati e definiti nel *layer* precedente, secondo regole e forme che dipendono dalla tecnologia utilizzata, caso per caso, per lo scambio. Qualsiasi sia la tecnologia scelta, deve permettere lo scambio di informazioni mantenendo inalterato il significato originale dei diversi elementi di informazione. Questo *layer* non si occupa della semantica di quanto viene scambiato.

Esempi di tecnologie utilizzabili in fase di scambio sono l'XML, il KLV (*Key Length Value*), i documenti di testo, ecc.

Scelta una determinata tecnologia occorre individuare un modo univoco per codificare i diversi elementi di informazione definiti a livello di *Definition Layer*; occorre, cioè, individuare una interfaccia di mappatura tra *Definition Layer* e *Technology Layer*, che sia, possibilmente, standardizzata.

2.3 Data Interchange Layer

È il *layer* del quale fanno parte le applicazioni reali sviluppate per l'effettivo trasferimento di uno specifico tipo di informazione tra organizzazioni diverse.

Ha, quindi, a che fare con il modo in cui l'informazione, definita nel *Definition Layer* e codificata a livello di *Technology Layer*, viene effettivamente scambiata.

3. P/META

Il progetto P/META ha scelto di operare esclusivamente a livello di *Definition Layer,* standardizzando un modello semantico unico da utilizzare esclusivamente nella fase di scambio informazioni, senza ripercussioni sui modelli interni alle singole aziende. Un approccio di questo tipo richiede di individuare l'insieme di concetti che sono condivisi tra le diverse entità all'interno di un contesto operativo di riferimento.

In quest'ottica, punti chiave del progetto P/META sono che:

1. Si occupa delle definizioni a livello di *Definition Layer* senza occuparsi direttamente dei livelli *Techology* e *Data Interchange*.
2. Focalizza la propria attenzione su un contesto operativo di scambio di materiale audiovisivo in ambito *Business-to-Business* (B2B)
3. Individua e definisce in modo univoco i concetti potenzialmente condivisi in tale contesto operativo.

Il risultato è uno standard che individua un insieme di elementi base e di strumenti (lista di attributi, strutture e notazioni) (*P_META Components*) utilizzabili per definire una struttura semantica complessa in grado di descrivere i concetti comuni in un ambito quale lo scambio di materiale audiovisivo in un contesto di tipo B2B. Tale insieme di componenti è definito e standardizzato nel P_META Scheme.

4. Scenario di riferimento

4.1 Contesto operativo

Lo standard P_META considera come contesto operativo di riferimento uno scenario di tipo *business-to-business* (B2B). In tale tipo di scenario gli scambi di informazioni, prodotti e servizi avvengono tra azienda e azienda piuttosto che tra azienda e utenti finali (scenario *business-to-consumers* B2C) o tra sistema e sistema direttamente (scenario *System-to-System*, S2S). Lo standard P_META non considera in alcun modo problematiche relative a questi due ultimi potenziali scenari.

L'elemento chiave che caratterizza uno scenario del tipo B2B è lo stabilirsi di una transazione di trasferimento di beni o servizi (cessione o compravendita) tra due entità organizzative (imprese, enti…) una delle quali fornisce un bene o un servizio di cui ha la disponibilità mentre la seconda ne diventa fruitrice secondo determinate regole e limitazioni concordate con la prima. Chiaramente tale scenario, per essere completo, deve comprendere i vari processi che coprono tutte le fasi necessarie al perfezionamento della transazione, a partire dalla fase di primo contatto fino a quella della consegna del bene, dell'eventuale pagamento e, se previste, alle successive operazioni di assistenza e manutenzione.

La scelta di considerare esclusivamente uno scenario di questo tipo deriva dalla considerazione che, in un contesto di tipo B2B, i modelli concettuali e gli obiettivi di *business* possono essere considerati più stabili e maggiormente indipendenti dalle tecnologie rispetto a quanto accade in uno scenario B2C e dall'osservazione che i cambiamenti indotti dall'evoluzione tecnologica in tale contesto sono sicuramente più graduali rispetto a quelli indotti in ambito S2S. Queste caratteristiche garantiscono, o dovrebbero garantire, la possibilità di definire uno standard sufficientemente generale e stabile nel tempo e di conseguenza ampiamente adottabile a prescindere dalle scelte tecnologiche e di *business* individuali delle singole aziende coinvolte.

4.2 Modello di processo

La figura 1 mostra il modello di processo individuato dal progetto P/META come rappresentazione dello scenario di riferimento per lo standard. In sostanza nel modello proposto sono identificati quattro diversi attori ai quali si può ridurre l'intera complessità delle attività legate ad un ambiente di produzione/distribuzione di materiale audio-video. Chiaramente questo tipo di approccio è valido in quanto P/META non entra nel dettaglio delle diverse macro attività individuate ma vuole, esclusivamente, determinare le interfacce tra le stesse (il *business model* di interesse riguarda esclusivamente le operazioni di scambio).

Gli attori individuati sono:

- *Creatori di contenuto*: sono gli attori coinvolti nella produzione di nuovi programmi o nuovi contenuti e che rendono disponibile il nuovo materiale per successive operazioni di pubblicazione.
- *Archivi*: sono gli attori che si occupano della conservazione del materiale esistente, fornito loro dai *creatori* o dai *distributori di contenuto*, materiale che può essere riutilizzato dai *creatori di contenuto* per costruire nuovi contenuti o che può essere fornito ai *distributori di contenuto* per una ripubblicazione senza cambiamenti.
- *Distributori di contenuto*: sono gli attori che curano la pubblicazione del materiale audio/video e la successiva consegna dello stesso ai *consumatori*. Operano in due contesti distinti: B2B verso i *creatori di contenuto* e verso gli *archivi* e B2C verso i *consumatori*.
- *Consumatori*: sono gli utenti finali che operano alla fine della catena di produzione.

Riferendosi allo schema, lo standard P_META ha come scopo la normalizzazione delle interfacce di scambio tra tutti gli attori ad esclusione di quelle da e verso i *consumatori*.

Gli attori individuati non appartengono sempre necessariamente ad organizzazioni distinte; attività di pertinenza di attori diversi possono, infatti, essere effettuate all'interno della medesima azienda potenzialmente a cura di unità

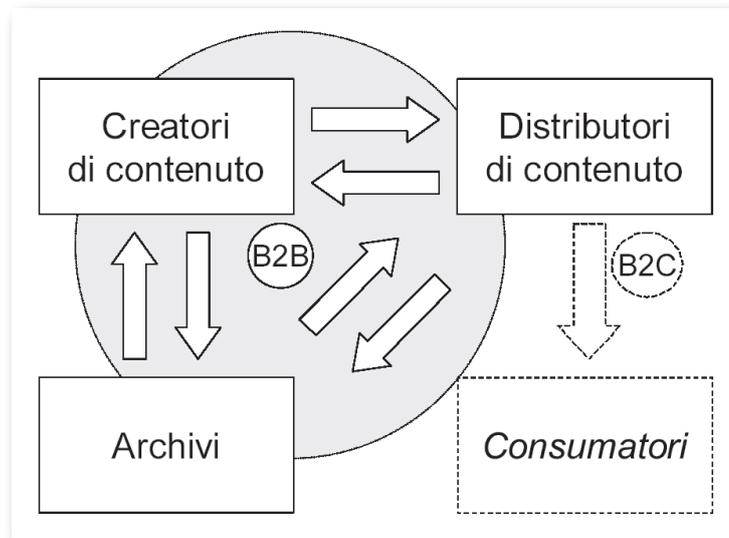



Fig.1 - modello di processo

organizzative differenti: in questi casi l'utilizzo di P_META nello scambio dati non solo non è strettamente necessario, in quanto nato soprattutto per regolamentare gli scambi tra organizzazioni diverse, ma può risultare controproducente. Infatti, lo scopo dichiarato dello standard P_META è quello di fornire uno strumento per lo scambio dati tra organizzazioni differenti garantendo ad esse una piena libertà nella modellizzazione dei dati e dei processi interni; questo obiettivo può essere raggiunto esclusivamente operando una generalizzazione all'atto dello scambio, cosa che provoca inevitabilmente una perdita di informazione. In pratica si generalizzano significati e modelli dati perdendo le caratteristiche peculiari relative alle singole organizzazioni coinvolte nello scambio. Nel caso di scambi interni alla stessa azienda questa perdita di accuratezza non sempre è accettabile e si deve, quindi, sviluppare un modello di scambio più aderente alle effettive strutture dati e ai processi coinvolti e che permetta di rappresentare al meglio le concettualizzazioni coinvolte nello scambio.

4.3 Informazioni scambiate

Affinché lo scambio di materiale audiovisivo abbia luogo in modo coerente e utile in uno scenario B2B quale quello individuato nel paragrafo precedente, occorre che siano soddisfatte le seguenti condizioni:

1. il materiale oggetto di scambio deve essere identificato in modo univoco e deve poter essere riconosciuto. È necessario che gli attori coinvolti nello scambio di materiale multimediale riescano ad individuare e identificare in un modo univoco il materiale di cui stanno parlando.
2. il materiale oggetto di scambio deve essere descritto dal punto di vista editoriale. Le informazioni di identificazione da sole non sempre permettono di “capire” quale sia il contenuto effettivo dell’oggetto in questione: dal punto di vista dell’utilizzo è molto importante averne una descrizione di tipo editoriale (informazioni editoriali).
3. devono essere presenti informazioni relative ai diritti d’uso concessi dal venditore all’acquirente. Senza questo tipo di informazioni il materiale ricevuto non può essere in alcun modo utilizzato.
4. deve essere presente quel minimo di informazioni di tipo tecnico necessarie allo scambio effettivo del materiale ed al suo utilizzo. Informazioni che indicano dove si trova fisicamente il materiale oggetto dello scambio e in quale formato viene reso disponibile sono indispensabili, in quanto lo standard P_META non definisce né un meccanismo per il trasferimento fisico del materiale né un formato file per l’interscambio del materiale stesso. P_META standardizza esclusivamente lo scambio di metadati.

Occorre quindi che siano presenti nella fase di scambio i seguenti tipi di metadati [tra parentesi la dicitura ufficiale P/META]:

1. Metadati identificativi e di riconoscimento [*Identification and recognition metadata*]
2. Metadati descrittivi [*Description metadata*]
3. Metadati relativi ai diritti d’uso [*Rights metadata*]
4. Metadati tecnici [*Technical metadata*]

In aggiunta P/META prevede la presenza di:

5. Metadati di transazione [*Transaction metadata*]. Sono i metadati legati non tanto al materiale quanto piuttosto alla gestione della transazione B2B relativa.
6. Metadati di altro tipo [*Other metadata*]. Ogni altro tipo di metadati.

4.4 Entità trattate

P/META considera le seguenti entità come oggetti coinvolti nei processi di scambio:

1. Programma (*Programme*)
2. Gruppo di Programmi (*Programme Group*): è semplicemente una collezione di programmi
3. *Item* o *Programme Item*: è una parte di programma. Può essere identificata di per sé oppure tramite la sua posizione all’interno del programma stesso.
4. *Media Object* (*MOB*): è una singola componente di un programma o di un *item*. È continua nel tempo e formata da un unico tipo di medium.
5. *Brand*: è una collezione di *asset* per i quali è individuabile una identità collettiva.

Altre entità che non sono oggetto diretto di scambio ma che rivestono una certa importanza a livello di *Definition Layer*, poiché individuano soggetti coinvolti nello sviluppo, nella gestione o nel controllo del materiale, sono:

6. *Persons*: individui singoli
7. *Organizations*: organizzazioni.

continua nel prossimo numero...

Che cosa è, come funziona:

ing. Marzio Barbero e
ing. Natasha Shpuza

Le prime due schede che costituiscono questa sezione della rivista sono la continuazione della serie sull'evoluzione delle tecniche di codifica e di compressione del segnale video iniziata con il numero precedente di Elettronica e Telecomunicazioni.

Sono dedicate ad un approfondimento delle caratteristiche in termini di qualità e di evoluzione in campo applicativo di MPEG-2 video, alla base dei più diffusi standard di distribuzione del segnale audiovisivo (DVD e DVB), e di AVC, il nuovo standard di compressione video, caratterizzato da una superiore efficienza a spese di una maggiore complessità.

I costanti progressi nel campo delle tecnologie di integrazione rendono oggi possibile la realizzazione di sistemi molto complessi, ed un esempio tipico di tali sistemi è appunto quello di codifica del segnale video. Dieci anni fa, al momento della definizione di MPEG-2, l'obiettivo era la realizzazione di un *chip-set*, ovvero un insieme di microcircuiti ad elevata densità di integrazione, per la realizzazione dei codec. Oggigiorno si parla di SoC (*System on Chip*), un intero sistema integrato in un solo microcircuito.

Ad una prima analisi questo progresso comporta una significativa riduzione di costo: il contributo di costo del *package* (cioè del contenitore) è molto importante e dipende significativamente dal numero di *pin* (piedini) e connessioni necessarie (minimo, se praticamente tutto il sistema è nello stesso *package*). Anche il consumo di energia è minimizzato dall'uso di un SoC.

E' il costo di sviluppo, e quindi l'investimento iniziale, che diventa invece, ad un'analisi più approfondita, un fattore limitante all'introduzione di nuovi sistemi complessi. Infatti al crescere della complessità aumentano i tempi di sviluppo e le possibilità di commettere errori di progetto (*"90% of chips work first time as Designed ...Though only 50% work as Required"*).

Con il crescere del numero di transistor integrabili per unità di superficie, cresce il costo per la realizzazione dell'insieme di maschere necessarie per produrre i *chip*: attualmente le dimensioni sono comparabili con la lunghezza d'onda della luce, implicando così un radicale cambiamento dei processi e un salto di livello nei costi (l'insieme di maschere per un ASIC, *Application Specific Integrated Circuit*, è superiore a mezzo milione di dollari ed è in crescita).

D'altro canto, il tempo medio di vita di un prodotto tende a diminuire, a causa dell'introduzione più frequente di nuovi standard e della richiesta da parte degli utenti dell'introduzione nei prodotti di nuove caratteristiche e funzionalità.

I sistemi riconfigurabili e programmabili sono forse una possibile risposta al fenomeno precedentemente illustrato, cioè che il fattore limitante all'evoluzione dei sistemi non è da ricercare nella capacità tecnologica, ma nei limiti umani (tempo e errori) e finanziari.

Questa premessa è importante per comprendere le ragioni per cui la seconda scheda "Advanced Video Coding: il prossimo futuro" non è in grado di predire quanto "prossimo" è il futuro in cui il "pervasivo" MPEG-2 video cederà il passo ad un sistema che si è dimostrato più economico solo in termini di consumo del bit-rate, almeno per il momento.

Che cosa è, come funziona: Uno standard pervasivo (MPEG-2 video)

Parte II

ing. Marzio Barbero e
ing. Natasha Shpuza

1. Premessa

Nella prima parte, pubblicata nel numero di aprile 2003, sono stati descritti algoritmi e sintassi alla base della codifica del video secondo lo standard MPEG-2. In questa seconda parte ci si sofferma sull'evoluzione delle applicazioni dello standard, ampiamente diffuse come si desume dal titolo, e sui miglioramenti della qualità del video codificato.

2. Bit-rate e qualità

L'attenzione dei *broadcaster*, ovvero delle reti televisive quali la Rai, fu focalizzata fin dall'inizio della attività di normalizzazione dello standard MPEG-2 sulla qualità delle immagini, a garanzia del servizio fornito al telespettatore.

La codifica digitale del video si differenzia da quella analogica per il fatto che la perdita di informazione (e in genere di qualità) è concentrata soprattutto nella fase di compressione: in condizioni normali il canale non introduce degradamenti percepibili (grazie alle tecniche di protezione dagli errori) e il sistema di decodifica e visualizzazione riproduce correttamente le immagini ricevute.

MPEG-2 utilizza algoritmi di compressione *lossy* ed in particolare il degradamento della qualità è dovuto alla precisione con cui vengono trasmessi i coefficienti DCT.

Il fattore di compressione è il rapporto fra bit-rate dell'informazione video originaria (circa 166 Mbit/s nel caso di un segnale video conforme alla Rac. ITU-R BT.601, formato 4:2:2. e circa 125 Mbit/s nel formato 4:2:0) e il bit-rate medio del video codificato.

Nel caso del MP@ML si riesce ad ottenere una qualità dell'immagine accettabile dallo spettatore con fattori di compressione superiori a 20 (formato 4:2:0, bit-rate video medio in genere inferiore a 6 Mbit/s).

In figura 1 sono riportati i risultati di prove soggettive svolte al Centro Ricerche Rai all'epoca in cui era in corso la definizione dello standard, al fine di definire i requisiti e valutare le prestazioni degli algoritmi. Le prove misero in evidenza l'opportunità di operare con bit-rate dell'ordine dei 6 Mbit/s al fine di garantire una qualità percepita comparabile con quella delle immagini televisive codificate PAL (qualità in studio).

I sistemi di ripresa e di grafica elettronica digitale possono produrre immagini caratterizzate da una elevata definizione e ricchezza di dettagli, su cui gli algoritmi di compressione hanno difficoltà a operare, data la scarsa correlazione dell'informazione. Le sequenze più critiche da codificare sono specialmente quelle relative agli eventi sportivi e quelle in cui sono presenti elementi grafici. Alcuni esempi di quadri tratti da sequenze di test critiche sono riprodotti in figura 2.

La figura 3 illustra le caratteristiche del rumore di quantizzazione nel caso di una sequenza relativa al *basketball,* caratterizzata da molti dettagli e da movimenti rapidi (sia della telecamera che degli oggetti che compongono la scena), e dalla presenza di oggetti di tipo

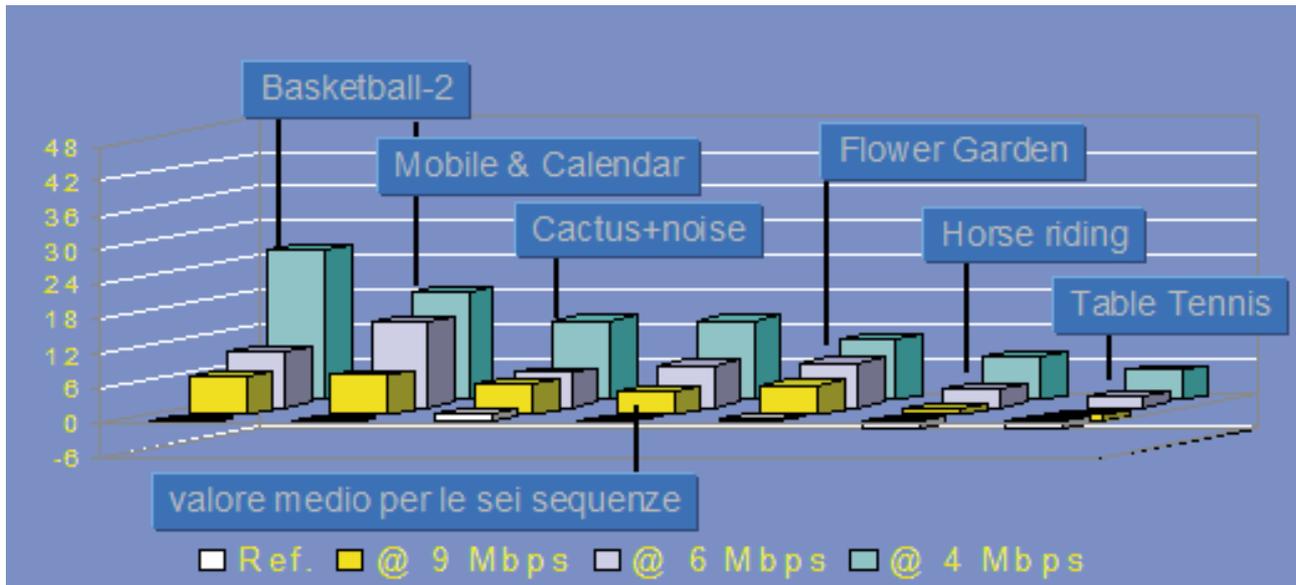



Fig. 1 - Questo istogramma riporta i risultati di prove soggettive eseguite presso il Centro Ricerche Rai per la valutazione del sistema MPEG-2 video, allora in fase di definizione.
Per valutare la qualità dell'immagine si usano metodi di valutazione soggettiva descritti nella raccomandazione ITU-R BT 500.
Il metodo DSCQS (Double Stimolus Continuous Quality Scale) è stato utilizzato per valutare la qualità nel caso dei sistemi di compressione video. Gli osservatori (almeno 15) devono indicare il livello di qualità su una scala, successivamente quantizzata da 0 a 100, sia di una sequenza di riferimento (normalmente l'originale 4:2:2) che della stessa sequenza codificata. Le due sequenze, normalmente di 10 s, sono presentate due volte una dopo l'altra, ma l'osservatore non sa quale è il riferimento (le sequenze sono indicate come A e B).Il risultato finale è costituito dal valore medio delle differenze tra i punteggi assegnati al riferimento e alla sequenza codificata. I valori differenza possono quindi variare da –100 a +100, e valori negativi indicano che la sequenza codificata è stata valutata migliore del riferimento.
In questo caso i test furono condotti su sei sequenze e per tre differenti bit-rate (4, 6 e 9 Mbit/s) ed il massimo degradamento è percepibile nel caso di una sequenza di sport (denominata *basketball-2*) al bit-rate di 4 Mbit/s.

Fig. 2 - Grazie all'esperienza acquisita nel campo della valutazione della qualità e nei sistemi di codifica con compressione, diverse sequenze selezionate dal Centro Ricerche Rai furono utilizzate nella fase di valutazione degli algoritmi e dei codificatori. Questa è una frase tratta da un documento di un esperto britannico: *"I have used the Rai MPEG test sequences on a number of MPEG codecs, and they are certainly system crackers . It is difficult to convince people that they were not recorded specially "* ("Ho usato le sequenze di test MPEG della Rai con diversi codec MPEG, e sono sicuramente in grado di mettere in difficoltà il sistema. E' difficile convincersi che non sono state realizzate appositamente").

Fig. 3 - E' riprodotta, in alto, una singola *picture* della sequenza *basketball-2*, che, come si desume dall'istogramma di figura 1, è particolarmente critica. La criticità è dovuta alla presenza di numerosi dettagli, dal movimento (sia della telecamera che dei giocatori) e dall'attenzione posta presumibilmente dall'osservatore ai dettagli (per esempio le scritte, anche pubblicitarie).
Sono quindi in successione riprodotte, dall'alto verso il basso, le differenze di luminanza fra la stessa *picture* codificata rispettivamente a 9, 6 e 4 Mbit/s e l'originale in alto; le differenze sono amplificate in figura per rendere più evidente soprattutto la distribuzione del rumore di quantizzazione.
E' ben visibile l'aumento di rumore di quantizzazione, al crescere del fattore di compressione. Il nostro sistema psicovisivo è meno sensibile al rumore localizzato in prossimità dei contorni, rispetto a quello che interessa le zone uniformi e il sistema di compressione sfrutta questa nostra limitazione. Ma, per alcuni dettagli "importanti", quali i loghi e le scritte, il degradamento può essere percepito e fastidioso.

grafico (caratterizzati da contorni netti fra zone uniformi e di colore differente).

Il sistema MPEG-2 ha dimostrato fin dall'inizio la sua capacità di offrire una buona qualità del video co-decodificato a fattori di compressione elevati e con immagini anche critiche. Il sistema, come si è detto nella parte prima di questa scheda, definisce la sintassi e la struttura dei dati e lascia ampia possibilità all'industria nell'ottimizzazione dei codificatori. Alcune industrie hanno pubblicato grafici in cui indicano che vi è stato un miglioramento costante dall'apparizione del primo codificatore commerciale (nel 1994) ai giorni nostri. Sostengono che la stessa qualità video ottenibile all'inizio con 6 o 8 Mbit/s è ora ottenibile con circa 2 Mbit/s. Quali sono i motivi di un tale progresso?

3. L'evoluzione del MP@ML

3.1 L'integrazione

L'attenzione dell'industria fu focalizzata nella fase di definizione del sistema soprattutto nell'ottenimento del miglior compromesso fra complessità del decodificatore e qualità dell'immagine a bit-rate relativamente bassi. Infatti lo scopo principale era la definizione del MP@ML per applicazioni di tipo *consumer* (decodificatore per i STB, *set-top-box*, per la TV digitale da satellite o terrestre e per i lettori di DVD) in cui è fondamentale il costo del terminale di utente, che in questi casi si limita alla sola decodifica. In queste applicazioni il codificatore può essere molto più complesso poiché è un apparato di tipo professionale, utilizzato da chi produce o diffonde TV o DVD.

Pertanto inizialmente i processi di integrazione furono adottati soprattutto per realizzare i *chip-set* (l'insieme di microcircuiti per elaborazione e memorizzazione) necessari al decodificatore.

In questi anni l'evoluzione (in termini di velocità di elaborazione e di architettura) delle CPU alla base dei PC ha permesso la realizzazione di decodificatori software in grado di decodificare MPEG in tempo reale.

Un codificatore MPEG è conforme allo standard, cioè produce un flusso sintatticamente corretto, anche se non utilizza o utilizza in modo limitato alcuni dei *tool* previsti dallo standard. Nei primi codificatori si accettava quindi una riduzione di qualità video per contenere, costi, ingombro e consumo. La qualità ha successivamente tratto significativi vantaggi dall'incremento del livello di integrazione dei microcircuiti e dall'evoluzione dei DSP, *digital signal processor*, sia in termini di velocità e di architettura: una maggiore complessità del

codificatore permette di sfruttare tutte le possibilità offerte dallo standard.

Le tecniche per ridurre i degradamenti percepibili a più bassi bit-rate sono:

- miglioramento delle decisioni in termini di modi di scansione e codifica (*field/frame*)
- ottimizzazione della stima del movimento e della scelta della predizione
- miglioramento del controllo del *buffer* di trasmissione in funzione della struttura del GOP (*picture* di tipo I, P e B)
- analisi del contenuto dell'immagine per adattarsi alle caratteristiche psicovisive (ad esempio, è più percepibile il rumore di quantizzazione in aree a luminanza più bassa)
- pre-elaborazione delle immagini per identificare e ridurre il rumore dovuto alla sorgente, al fine di ottimizzare la qualità percepita dell'immagine co-decodificata.

Le industrie quantificano questi miglioramenti come un guadagno in termini di bit-rate, a parità di qualità percepita, di circa il 50%, ovvero la stessa qualità soggettiva che nel 1994, quando furono disponibili i primi codificatori commerciali, richiedeva 7 Mbit/s era ottenibile cinque anni dopo con circa 3,5 Mbit/s.

Più recentemente le applicazioni di tipo *consumer* della codifica MPEG-2 si sono ampliate. Infatti si sta estendendo il mercato dei DVR, ossia i registratori di dischi ottici scrivibili e riscrivibili (Elettronica e Telecomunicazioni, n.3 dicembre 2002, "Dischi scrivibili e riscrivibili") e alcune applicazioni richiedono la codifica in tempo reale del segnale video (registratori e DVDCAM). Per questa ragione sono stati sviluppati single-*chip audio-video encoder* per la produzione di apparati *consumer* (tabella 1), in grado di operare sui multiplex DVB e DVD.

3.2 CBR, VBR e multiplex statistico

Nella prima parte (§ 5.3) si sono introdotti i termini CBR (*constant bit-rate*) e VBR (*variable bit-rate*).

Nel caso in cui si debba comprimere di un fattore costante il flusso video è fondamentale il ruolo del *buffer*, la memoria tampone che adatta il flusso di dati a velocità variabile in uscita dal codificatore VLC alla velocità fissa del canale (di trasmissione o registrazione). Le dimensioni del *buffer* sono fissate dallo standard: nel caso di MP@ML è pari a 1835008 bit, mentre per il 422P@ML è di 9437184 bit. Se si opera a CBR, la capacità del *buffer* può essere espressa in termini di millisecondi di video: tale valore costituisce anche il maggior contributo al ritardo di co-decodifica, come si desume dalla tabella 2: tale ritardo è tanto più elevato quanto è più basso il bit-rate con cui viene codificato il video.

L'algoritmo di controllo del bit-rate che, in base allo stato di riempimento del buffer, varia la precisione della quantizzazione dei coefficienti DCT, è molto importante per ottimizzare la qualità dell'immagine. Le *picture* di tipo I generano picchi nel flusso di dati in uscita dalla codifica VLC, mentre in corrispondenza delle *picture* P e soprattutto quelle B si

Tab. 1 - A scopo esemplificativo, sono riportate alcune specifiche di un co-decodificatore single chip disponibile dalla fine del 2002 (dati tratti dal *data sheet* del uPD61051 della NEC).
Il costo di questo chip era stato annunciato, per quantità superiori a 100000, pari a circa 30 $.

codifica video preanalsi stima del movimento GOP	MP@ML, SP@ML, MPEG-1 single-pass VBR o CBR identificazione film, cambio scena +/- 128 in orizzontale, +/- 64 in verticale per le *P-picture*; +/- 96 e +/- 48 per le *B-picture* intervallo massimo fra due *P-picture* consecutive pari a 3 (IBBP)
formato immagine - orizzontale (pixel) - verticale (righe) - freq. quadro [Hz]	 720, 704, 544, 480, 352 480, 240, 576, 288 29,97 e 25
codifica audio - lunghezza parole [bit] - freq. camp. [kHz]	MPEG-1, layer 2 16, 20 e 24 32, 44,1, 48
multiplex, de-multiplex bit-rate	MPEG-2 TS e PS, DVD-Video, DVD-VR 1 - 15 Mbit/s
interfacce - video input/output - audio input/output: - host I/F - memoria esterna	 4:2:2 ITU-R BT.656 8 bit 2 canali PCM seriale, parallela, PCI 64/128 Mbit SDRAM 32 bit bus
consumo	1200 mW (tipico)
package	208-pin fine pitch QFP

ha uno svuotamento del *buffer*. Gli algoritmi di controllo sono in genere basati su modelli ottenuti a partire da sequenze video tipiche, di *training*. Quando è possibile prevedere, analizzando le picture prima della codifica, cambiamenti di scena o effetti speciali il codificatore può variare la struttura regolare del GOP introducendo *I-picture* nel momento più opportuno; nel caso di più quadri identici, ad esempio la trasmissione di una diapositiva o un cartello, la prima *picture* può essere di tipo *I-,* quantizzata nel miglior modo possibile, sfruttando i significativi risparmi consentiti dalle successive *P-* e *B-picture*.

La modalità VBR è utilizzata per la produzione di film su DVD: in questo caso i vincoli sono relativi alla qualità e alla durata complessiva, espressa in minuti, del film, mentre la gestione del *buffer* diventa meno vincolante, essendo possibile variare la velocità di scrittura/lettura dei dati sul disco. La codifica può avvenire in più passaggi: durante una prima emulazione di codifica vengono memorizzati i dati relativi al riempimento del buffer e dei principali parametri (in particolare relativi alla quantizzazione); in base a questi dati è possibile effettuare un secondo passaggio in cui i parametri vengono forzati ottenendo un flusso VBR che ottimizza la qualità video e consente la memorizzazione del film sfruttando l'intera capacità del disco. I passaggi possono essere anche più di due e si può perfino prevedere l'intervento umano, ovvero un esperto visiona il film e individua le scene particolarmente critiche o importanti e forza le modalità di codifica per ottimizzare la qualità soggettiva.

E' proprio l'ottimizzazione nei casi di utilizzo di VBR che permette di ottenere una codifica MP@ML video a circa 2 Mbit/s medi, pur mantenendo una buona qualità soggettiva, .

Nel caso della codifica per la diffusione in tempo reale del segnale televisivo è possibile sfruttare la variabilità statistica della criticità delle immagini solo nell'ambito di una porzione temporale del programma dell'ordine di grandezza corrispondente alla capacità del *buffer*. Per la diffusione televisiva digitale da satellite è stata però applicata la tecnica della multiplazione statistica. Un *transponder* da satellite consente il transito di un flusso di dati a bit-rate costante (che dipende dalla banda e dal codice di canale) che contiene un insieme di programmi televisivi: il *bouquet*. E' quindi possibile gestire i *video buffer* relativi ai singoli programmi come se costituissero un solo *buffer* comune all'intero *bouquet*, adattando così la quantizzazione alla criticità statistica mediata su più programmi: in genere non tutte le sequenze sono contemporaneamente critiche, la criticità media è quindi statisticamente inferiore a quella delle singole sequenze.

La tecnica di multiplazione statistica è nor-

Tab. 2 - L'operazione di co-decodifica comporta un ritardo. Il ritardo complessivo è dovuto a quattro contributi, in ordine decrescente:
- le dimensioni del buffer, sono state scelte come compromesso fra la qualità di codifica e il ritardo introdotto
- il riordino dei quadri che costituiscono il GOP, in generale è pari a 40 ms per il numero di *B-picture* costituenti il GOP
- codifica per quadro o per semiquadro, se i due semiquadri vengono codificati in modo progressivo si introduce un ritardo di 20 ms
- ritardo dovuto all'hardware, difficile da quantificare, dipende dall'apparato e dalla configurazione utilizzata.

In tabella sono riportati i valori di ritardo calcolati nel caso di codifica *frame-picture* nel caso dei due profili 422P e MP e considerando diverse combinazioni di bit-rate e struttura del GOP. Il contributo dovuto all'hardware non è considerato.

Profilo	dimensioni buffer (max) [bit]	bit rate [Mbit/s]	struttura GOP	ritardo [ms]
422P@ML	9437184	50	solo Intra	209
		20	IBIB	532
		20	IBBP	572
MP@ML	1835008	15	IPPP	142
		15	IBBP	222
		9	IBBP	303
		6	IBBP	405
		4	IBBP	557

malmente applicata nella diffusione televisiva digitale via satellite e terrestre ed è tanto più efficace quanto più è elevato il numero di programmi che costituiscono il *bouquet*.

3.2 La qualità finale

La qualità video percepita è quindi dovuta a diversi contributi.

La qualità della sorgente, soprattutto in termini di rumore, ha un ruolo importante: un'immagine rumorosa è in genere più critica da codificare perchè i campioni sono meno correlati fra loro, ma le pre-elaborazioni e la stessa applicazione della DCT possono ridurre il rumore finale a tal punto che l'osservatore, talvolta, può preferire l'immagine co-decodificata, seppure meno definita, rispetto all'originale.

Sequenze caratterizzate da movimenti veloci, tipicamente le riprese sportive, sono più critiche. I film in genere sono meno critici poiché la codifica in modalità *frame* dei 24 fotogrammi al secondo della pellicola è molto efficiente e le tecniche di ripresa sono tali da evitare sequenze con movimenti rapidi. Inoltre, nel caso di codifica per DVD, si adottano tecniche di codifica a più passaggi.

L'evoluzione della tecnologia, alimentata dalla forte competizione nella realizzazione di codificatori più economici ed efficienti, ha consentito di sfruttare appieno i *tool* messi a disposizione dallo standard.

D'altro canto è sempre l'innovazione tecnologica la causa di una maggiore visibilità dei difetti introdotti dalla compressione a basso bit-rate sugli schermi. Gli schermi piatti di grandi dimensioni, realizzati con tecnologia TFT, plasma e DMD, hanno un formato predefinito (dato dal numero di celle costituenti) e adatto a segnali con scansione progressiva e sono dotati di sistemi di pre-elaborazione e interpolazione delle immagini che possono enfatizzare i degradamenti (Elettronica e Telecomunicazioni, n. 2 agosto 2002, "Qualità dell'immagine percepita sugli schermi piatti").

E' quindi vero che a parità di bit-rate, la qualità è migliorata nel corso degli anni, ma è anche vero che, per garantire buone immagini anche nella situazioni più critiche, è buona norma accettare dei costi di distribuzione più elevati e non affollare eccessivamente i *bouquet*, nel caso della diffusione televisiva, e utilizzare DVD a doppio strato (con capacità fino a 8,54 GB) nel caso di film lunghi.

La qualità del prodotto finale dipende anche dalle operazioni di produzione e post-produzione, in particolare decresce all'aumentare del numero di co-decodifiche in cascata. In genere il video viene ripreso, codificato per la registrazione o la trasmissione sulla rete di contributo verso gli studi televisivi, post-prodotto (nel caso di post-produzioni complesse il numero di co-decodifiche può essere prossimo alla decina), archiviato, codificato per la diffusione. Ciascuna operazione di co-decodifica, se effettuata con fattori di compressione elevati, introduce rumore di quantizzazione.

4. Le motivazioni per il 422P@ML

Il profilo principale (MP@ML) ha chiaramente raggiunto l'obiettivo, quello di consentire la diffusione del video digitale a casa degli utenti, a livello mondiale. Non è però adatto a soddisfare le esigenze di qualità nei processi di produzione e post-produzione televisivi.

Il raffinamento dei *tool* realizzato da MPEG permette di ottenere, per la rete di contribuzione, prestazioni in genere migliori rispetto a quelle dei codec basati sullo standard ETS 300 174 (Elettronica e Telecomunicazioni, n.1 aprile 2003, § 2).

Per applicazioni contributo occorre però soddisfare ulteriori requisiti, rispetto a quelli relativi alla qualità percepita:

- per consentire operazioni di post-produzione, anche se non particolarmente complesse, è opportuno che la definizione delle componenti di colore sia almeno quella del 4:2:2
- per garantire un'elevata qualità deve essere possibile utilizzare fattori di compressione più bassi, e quindi superare il limite in ter-

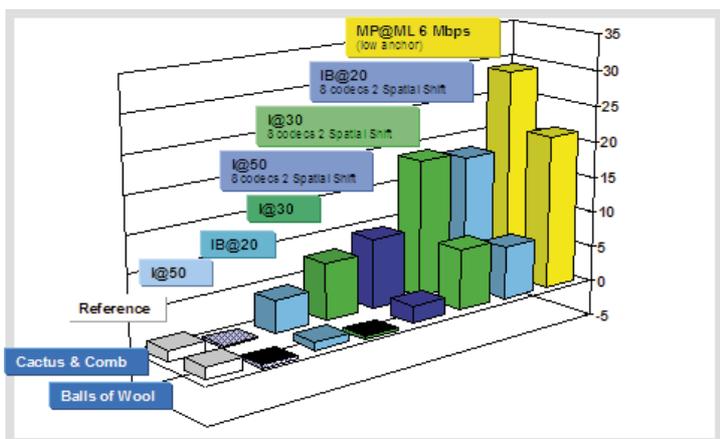



Fig. 4 - Il Centro Ricerche ha contribuito alla definizione dei requisiti per i sistemi di videoregistrazione professionale. Ad esempio, in figura sono riportati i risultati di prove soggettive effettuate per valutare le prestazioni nel caso di post-produzione, in particolare la realizzazione di un chroma-key utilizzando come foreground l'immagine co-decodificata. Sono messe a confronto varie alternative, caratterizzate da diversa struttura di GOP e bit-rate. Sono evidenti i vantaggi dell'uso di un sistema intra a 50 Mbit/s.

mini di bit-rate che, per il MP@ML, è di 15 Mbit/s

- per certi usi, il ritardo dovuto alla co-decodifica (tabella 2) può essere eccessivo. Si consideri, ad esempio, un programma televisivo in cui due persone, ad esempio intervistatore ed intervistato, si trovano in due luoghi diversi ed il collegamento è ottenuto mediante un sistema basato su MPEG: il ritardo che interviene tra domande e risposte può essere fastidioso (si noti che da questo punto di vista il sistema ETS 300 174 risponde a requisiti più stringenti e consente di limitare i ritardi a meno di 100 ms).

Nel 1996 fu quindi definito il profilo 422P, caratterizzato dalla possibilità di codificare segnali 4:2:2, con un bit-rate massimo fino a 50 Mbit/s, la massima precisione per la rappresentazione dei coefficienti DCT (fino a 11 bit) è superiore a quella prevista per il MP (fino a 10 bit): è quindi possibile comprimere il video con un sistema quasi *lossless*.

Il sistema IMX™ della Sony adotta il 422P@ML per la registrazione videomagnetica. Questo sistema registra il segnale televisivo a 50 Mbit/s. In questo caso si utilizza solamente la codifica intra (GOP di lunghezza 1, sono tutte *I-picture*) in modo da facilitare l'editing con la precisione al singolo quadro con prestazioni analoghe a quelle dei sistemi di videoregistrazione digitale non compressi (figura 4).

Fig. 5 - Crescita della penetrazione nel mercato USA nel periodo 1999-2005 delle piattaforme basate su MPEG (fonte: The Yankee Group).

5. Il mercato

Dall'introduzione dello standard, MPEG-2 è stato il motore che ha permesso la transizione dalla distribuzione sotto forma analogica a quella numerica del segnale video, consentendo la nascita dell'attuale mercato di massa delle piattaforme digitali video. E' stato soprattutto il DVD a presentare la più rapida crescita, come illustra la figura 5, che si riferisce al mercato USA.

Riferimenti bibliografici

La MPEG Home Page è disponibile alla URL www.chiariglione.org/mpeg/index.htm in cui sono disponibili anche i link al sito www.iso.org dove sono acquistabili le versioni pdf delle varie parti dello standard, tra cui la parte video ISO/IEC13812-2-2000.

Un tutorial su MPEG edito da Laurent Boch, del Centro Ricerche Rai nel luglio 1996 è disponibile allla URL viswiz.imk.fraunhofer.de/DVP/Public/deliv/deliv.211/mpeg/mpeghome.htm.

Un tutorial di Mike Knee della Snell e Wilcox, più recente (marzo 2002), è alla URL www.broadcastpapers.com/sigdis/Snell&WilcoxMPEGVideo01.htm.

Whitepaper sono presenti sui siti di alcune industrie che producono apparati professionali basati su MPEG, ad esempio su www.harmonicinc.com.

Che cosa è, come funziona: Advanced Video Coding (AVC - H.264): Il prossimo futuro

Parte II

ing. Marzio Barbero e
ing. Natasha Shpuza

1. Premessa

La prima parte, pubblicata nel numero di aprile, era dedicata alla descrizione del VCL (*Video Coding Layer*) dello standard recentemente approvato da ISO/IEC [1] e da ITU [2] denominato AVC o H.264. Questa seconda parte è dedicata alle previsioni in termini di applicazioni e diffusione.

2. Incremento in qualità e in complessità

Il sistema di codifica MPEG-2 video è stato definito nella prima metà degli anni '90 in base alle possibilità realizzative, in termini di complessità circuitale e quindi di costi, disponibili all'epoca. E' stato proprio il corretto compromesso fra qualità offerta e costi che ha consentito l'affermazione dello standard e il suo ampio campo di applicazione, soprattutto nell'ambito dei prodotti del mercato di massa.

Nel 1994 gli ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*) utilizzati per la progettazione del decoder erano caratterizzati da una densità di integrazione per microcircuito (*chip*) pari a 120 mila porte logiche (*gate*) con dimensioni del *gate* fra 0,5 a 1 μm. Dieci anni dopo si arriva a 25 milioni di *gate* con dimensione della porta inferiore a 0,1 μm [4].

L'immediata conseguenza è che oggi è pensabile la realizzazione di uno standard che, come l'AVC, pur non traendo origine da cambiamenti sostanziali degli algoritmi, raffina l'uso dei *tool* di compressione al fine di sfruttare tutte le fonti di correlazioni spazio-temporali fra le informazioni video e di ridurre le distorsioni più visibili, in particolare l'effetto di blocchettizzazione.

La tabella 1 riassume una valutazione dell'incremento in complessità e in efficienza previsto per AVC. Il decodificatore per il *Main Profile* di AVC, adatto per le applicazioni televisive, è fino a quattro volte più complesso di quello per il *Main Profile* di MPEG-2 e la complessità sale fino a otto volte nel caso del

Profilo	applicazioni previste	aumento della complessità stimata per il decodificatore	Stima preliminare del miglioramento in efficienza rispetto a MPEG-2
Baseline	applicazioni a basso ritardo, videotelefono, mobile...	circa 2,5 volte più complesso	circa 1,5 volte
eXtended	mobile, streaming, ..	circa 3,5 volte più complesso	circa 1,75
Main	distribuzione del segnale video interlacciato, ...	circa 4 volte più complesso	circa 2

Tab. 1 - Stima dell'incremento in complessità del decoder e del miglioramento in efficienza rispetto a MPEG-2. Fonte: m4if [3].

codificatore [5].

All'incremento in complessità corrisponde quello in termini di qualità percepita dell'immagine co-decodificata [6…8]

La possibilità di usare diverse dimensioni dei blocchi (da 16x16 fino a 4x4) e di aumentare la precisione dei vettori movimento a 1/4 di elemento di immagine è un contributo importante all'efficienza di codifica, a spese di un incremento delle possibilità di scelta da parte del codificatore (e quindi della sua complessità).

Lo sfruttamento della correlazione fra i coefficienti appartenenti a macroblocchi adiacenti consente un miglioramento significativo nel caso di ampie aree di immagine con caratteristiche simili (ad esempio l'erba nel campo di calcio), a spese di un incremento in complessità: debbono essere effettuati elaborazioni che coinvolgono più macroblocchi sia a livello di codificatore che di decodificatore.

Un ulteriore incremento nell'efficienza è dato dal miglior sfruttamento della correlazione fra i dati: la codifica entropica (CAVLC e, nel *Main Profile*, CABAC) richiede più memoria per le tabelle, anche a livello di decodificatore.

L'adozione del filtro di ricostruzione all'interno del *loop* di decodifica è molto importante per migliorare la qualità soggettiva: riduce infatti l'effetto blocchettizzazione, particolarmente fastidioso nel caso di codifica a basso bit-rate oppure per immagini particolarmente critiche.

MPEG-2 non è particolarmente efficiente nella codifica degli elementi di sintassi quali le intestazioni (di *sequence*, *picture*, *slice*) e ciò lo rende totalmente inadatto all'uso ai bit-rate inferiori a 2 Mbit/s. AVC è molto più efficiente anche in questo compito, rendendolo adatto anche ad applicazioni in cui sono non sono disponibili elevati bit-rate, ad esempio *streaming* su *web*.

In generale, si può sostenere che i miglioramenti oggettivi e soggettivi offerti da AVC rispetto a MPEG-2 siano soprattutto validi nel caso di elevati fattori di compressione ed uso a bassi bit-rate e ovviamente dipendano dal contenuto delle immagini.

Così come è avvenuto nel caso di MPEG-2, è probabile che inizialmente non tutti i *tool* previsti dallo standard vengano utilizzati nel modo ottimale (per ragioni di complessità, e quindi costo e tempo di codifica) e che quindi i primi codificatori non offriranno il miglioramento desumibile dai test effettuati con codificatori che non operano in tempo reale.

Valgono quindi anche per AVC le considerazioni sulla qualità finale indicate per MPEG-2 video nella scheda pubblicata su questo numero: le prestazioni dei codificatori miglioreranno nel tempo, comunque la qualità percepità dipende non solo dal bit-rate disponibile, ma anche dalla criticità del materiale video da codificare e dalle condizioni di visualizzazione e da tecnologia, dimensioni e risoluzione degli schermi.

3. Applicazioni

3.1 Reti mobili

L'elevata efficienza a bassi bit-rate rende AVC adatto ad applicazioni di tipo mobile, normalmente caratterizzate da una limitata disponibilità di banda. Infatti tra le organizzazioni che stanno valutando AVC per una eventuale adozione vi è la *3rd Generation Partnership Project* (www.3gpp.org) che ha lo scopo di produrre le specifiche tecniche applicabili a livello globale per la terza generazione di sistemi mobili, basati sull'evoluzione delle reti GSM. Questo tipo di utilizzazione di solito implica l'uso di dispositivi dotati di schermo di piccole dimensioni quali: telefoni cellulari, PDA (*Personal Digital Assistant*), e PC palmari.

Il *Baseline Profile* è stato definito per applicazioni caratterizzate da basso ritardo di co-decodifica, quali appunto la videotelefonia.

3.2 Reti a larga banda e *webcasting*

La distribuzione dell'informazione video per mezzo di connessioni a larga banda (xDSL e fibra ottica) fruibile in modalità *streaming, download o video on demand* mediante protocollo internet e utilizzando il PC o il terminale TV è un'applicazione attraente per gli operatori della larga banda (in genere le società di telecomunicazioni) poiché le mette in grado di fornire contemporaneamente servizi di telefonia, dati e TV.

I concorrenti principali di AVC *Extended Profile* per questo tipo di applicazione sono standard proprietari (Windows Media, Realvideo, ...) che offrono buone prestazioni di codifica (valutazioni della qualità offerta sono stati oggetto dell'articolo "Analisi della qualità video per applicazioni webcasting", Elettronica e Telecomunicazioni, n.1 aprile 2003).

AVC è un *open standard*, è stato sviluppato mediante un processo di *Open Call for Proposal* e, in linea di principio, offre significativi vantaggi rispetto ai sistemi proprietari. Nessun elemento di un *open standard* può essere sotto il controllo di una singola industria e un singolo produttore non può causare, introducendo una nuova versione hardware o software, discontinuità nella compatibilità con il pregresso (*backward compatibility*). Il gran numero di industrie che competono, introducendo miglioramenti nell'uso dei *tool* e incrementando l'efficienza, favorisce lo sviluppo del prodotto, così come si è verificato nel caso di MPEG-2.

3.3 Diffusione televisiva a definizione standard

Il *Main Profile* di AVC è caratterizzato da una maggiore complessità, per consentire la codifica del segnale video interlacciato e offrire una qualità adatta alla diffusione televisiva, con una qualità simile a quella ottenibile con MPEG-2 video, ma con un risparmio in termini di bit-rate (mediamente valutabile nell'ordine del 50%).

E' quindi oggetto di considerazione da parte del *Digital Video Broadcasting Project* (www,dvb.org), in quanto potrebbe consentire un aumento dei programmi televisivi che costituiscono un *bouquet* .

Utilizzando 8-PSK come sistema di modulazione ed i turbo codici, attualmente in discussione nel gruppo DVB-S2, l'adozione di AVC per la diffusione satellitare potrebbe triplicare la capacità, in confronto a quella attuale [6]. Ovviamente l'investimento relativo ai terminali d'utente (STB, *set-top-box*) rappresenta in questo caso una porzione molto significativa per lo sviluppo del servizio e quindi è difficile giustificare una sostituzione dell'attuale parco di STB.

Analogamente il gruppo DVB-T, relativo allo standard di diffusione terrestre, è interessato a valutare l'adozione di AVC: in questo caso si potrebbe avere un incremento del numero di programmi disponibili per ogni canale terrestre, sia grazie alla maggiore efficienza di codifica, sia per un migliore sfruttamento della multiplazione statistica.

Occorre ricordare che MPEG-2 è attualmente utilizzato soprattutto nei decodificatori DVD: il DVD Forum (www.dvdforum.org) infatti sta valutando la possibile adozione di AVC per incrementare significativamente la durata del video disponibile sul DVD.

3.4 Diffusione televisiva ad alta definizione

L'adozione di AVC consentirebbe di utilizzare l'attuale formato DVD anche per la memorizzazione di film in alta definizione, non rendendo necessario il passaggio a tecnologie più complesse e costose di registrazione ottica ("Il futuro è Blu, Blu-Ray Disc, AOD,...", Elettronica e Telecomunicazioni, n. 3, dicembre 2002).

Relativamente alla diffusione, l'AVC è preso in considerazione dall'Advanced Television Systems Committee (www.atsc.org), l'organizzazione internazionale che si occupa di definire lo standard HDTV (*High Definition TeleVision*). In USA la FCC (*United States Federal Communications Commission*) adottò nel dicembre 1996 i principali elementi dello standard ATSC Digital

Television (DTV) e nel maggio 2003 erano 750 le stazioni che utilizzavano lo standard DTV per la diffusione terrestre. Tale standard è stato inoltre adottato da Canada (1997), Sud Corea (1997), Taiwan (1998), Argentina (1998). La codifica video usata in DTV è attualmente MPEG-2.

Anche nel caso della TV ad alta definizione, i concorrenti sono gli standard proprietari Windows Media (Microsoft ha dimostrato la fattibilità della distribuzione di HDTV a bit-rate pari a 5 Mbit/s) e Realvideo.

Riferimenti bibliografici

Le specifiche saranno pubblicate da ISO (International Organization for Standardization) alla URL www.iso.org come

1. ISO/IEC 14496-10, "Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 10: Advanced video coding"

e nel sito ITU (*international Telecommunication Union*) alla URL www.itu.org

2. Rec. ITU-T H.264, "Advanced video coding for generic audiovisual services"

Una organizzazione denominata MPEG LA (www.mpegla.com) crea e amministra i termini di licenza per i brevetti a nome di un insieme dei detentori di brevetti per MPEG-2 video e per MPEG-4.

MPEG Industry Forum (www.m4if.org) è una organizzazione not-for-profit che ha lo scopo di promuove l'adozione degli standard MPEG

3. "What is AVC", www.m4if.org/public/documents/vault/m4-out-30035.pdf

Articoli e white paper sono disponibili su web:

4. Charles Catwright, Jeremy Bennet, Giles Wilson, "Advanced Coding: Technology, Systems and Applications", www.broadcastpapers.com/sigdis/BCA03 TandbergAdvancedCoding01.htm (Broadcast Asia 2003 paper)
5. "AVC+AAC: The Next Generation of Compression", Harmonic white paper, www.harmonicinc.com
6. Ralf Schaefer, Thomas Wiegand and Heiko Schwarz, "The emerging H.264/AVC standard", EBU Tech. Rev., January 2003, www.ebu.ch
7. LSI Logic, "H.264/MPEG-4 AVC Video Compression Tutorial", www.lsilogic.com/products/islands/h264/H.264_MPEG4_Tutorial.pdf, January 2003

Di imminente pubblicazione è il libro:

8. Richardson, Iain E.G., "H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for next generation multimedia", September 2003, ISBN 0-470-84837-5 - John Wiley & Sons